АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ



МИНСК
«НАУКА И ТЕХНИКА»
1987

М. Ф. Гурин

КУЗНЕЧНОЕ РЕМЕСЛО ПОЛОЦКОЙ ЗЕМЛИ IX—XIII вв.



ББК 63.4(2Б)
Г 95

Под редакцией
доктора исторических наук
Г. В. Штыхова

Рецензенты:
Л. С. Ляхович, д-р техн. наук, проф.,
О. Н. Левко, канд. ист. наук,
М. А. Ткачев, канд. ист. наук, доц.,
В. И. Шадыро, канд. ист. наук,
Э. Д. Щербаков, канд. техн. наук, доц.

Гурин М. Ф.

Г 95 Кузнечное ремесло Полоцкой земли. IX—XIII вв./ Под ред. Г. В. Штыхова.— Мн.: Наука и техника, 1987.— 151 с., 16 л. ил.: ил.

Монография написана по результатам комплексного исследования археологических материалов, связанных с кузнечным ремеслом на территории Полоцкой земли в IX—XIII вв. Металлографическому анализу подвержено 600 железных и стальных изделий (орудий труда, оружия, бытовых и хозяйственных предметов и т. д.) из 25 археологических памятников.

Рассчитана на научных работников, археологов, историков, специалистов в области металловедения, обработки металлов давлением, термической обработки, сварки и пайки.

Г $\frac{0507000000-096}{М316(03)-87}$ 19—87

ББК 63.4(2Б)

Введение

Более ста лет Полоцкая земля (княжество) является объектом исследований историков и археологов. Возможно, одной из причин внимания к истории княжества послужило то, что в период феодальной раздробленности Киевской Руси оно первым стало на путь политической и экономической самостоятельности. Интерес исследователей не ослабевает еще и потому, что не до конца выявлены причины возникновения древнейших белорусских городов на Западной Двине. Главный город этой земли — Полоцк, а затем и Витебск с IX—X вв. были известны как крупные торгово-ремесленные центры. Несмотря на стремление к самостоятельности, Полоцкая земля поддерживала прочные экономические и культурные связи со всеми землями Киевской Руси.

Первые исследования по истории Полоцкой земли базировались в основном на летописных материалах, например работы М. В. Довнар-Запольского и В. Е. Данилевича[1]. По мере накопления археологических материалов появилась возможность освещать в публикациях социально-экономические аспекты, что нашло отражение в статьях А. Н. Лявданского, В. Р. Тарасенко, Л. В. Алексеева, Э. М. Загорульского, Г. В. Штыхова[2] и др. Комплексное изучение письменных и археологических источников способствовало выходу в свет работ по Полоцкой земле и по отдельным ее городам. К ним относятся монографии Л. В. Алексеева[3], Г. В. Штыхова[4], Э. М. Загорульского[5], публикации о древнерусском и последующих периодах истории городов Полоцкой земли[6].

В последние десятилетия при изучении археологических коллекций, полученных в результате систематических раскопок поселений и некрополей Полоцкой земли, начали внедряться методы естественных и технических наук. Металлографический анализ кузнечной продукции из Полоцка[7] и Минска[8], проведенный с участием металловедов, позволил сделать важные выводы относительно качества металла, уровня мастерства древнерусских кузнецов, развития кузнечного дела. Однако эти выводы основаны на данных исследования не более трех десятков железных предметов. В работе Б. А. Колчина[9] приведены результаты анализа двух изделий памятников Полоцкой земли: топора из кургана близ Логойска и наконечника копья из кургана у Заславля. Небольшое количество предметов, сделанных из железа и стали, исследовано Д. В. Наумовым[10].

Вполне понятно, что ограничиться несколькими десятками металлографически изученных кузнечных изделий с такой обширной территории нельзя, учитывая, что в ходе раскопок добыта не одна тысяча железных предметов, которые, несмотря на проведенные очистку и консервацию, продолжают разрушаться коррозией. К тому же в соседних республиках

давно проведены крупномасштабные исследования кузнечной продукции синхронного периода. Так, большую серию железных и стальных предметов из Новгорода Великого проанализировал Б. А. Колчин [11], разнообразные кузнечные изделия из памятников Латвии изучил А. К. Антейн [12], Литвы — И. А. Станкус [13], Г. А. Вознесенская исследовала орудия труда, бытовые и хозяйственные предметы из Киева и Любеча [14], Л. С. Хомутова — из подмосковных городов [15], В. Д. Гопак изучил славянское железообрабатывающее ремесло Днепровско-Днестровского междуречья [16]. Аналогичные исследования проведены в Болгарии [17], Польше [18], Чехословакии [19] и др.

При рассмотрении разнообразных узоров сварного дамаска, выявленных А. К. Антейном в сотнях наконечников копий с территории Латвии, встает вопрос: обладало ли население Полоцкой земли, во владения которой входили княжества Ерсика и Кукенойс, такими предметами вооружения? Возможно, в Полоцкой земле оружия производилось мало, его не импортировали, в состав погребального инвентаря не включали, поэтому находки мечей и наконечников копий встречаются редко. Однако в употреблении жителей Новгорода, Вроцлава, чехословацких поселений [20] были хозяйственные ножи с узорчатым дамасским лезвием. На памятниках Полоцкой земли ножей найдено много, но есть ли среди них экземпляры, сделанные по сложным технологическим схемам? Ответить на эти и другие вопросы, используя только данные письменных источников, невозможно. Для того чтобы установить технологию изготовления орудий труда и оружия, проследить ее эволюцию, появление и совершенствование новых приемов и операций, выявить локальные особенности обработки железа и стали, определить качество металла и произведенной из него кузнечной продукции, провести сравнительный анализ ее с продукцией мастеров соседних территорий и дать историческую характеристику кузнечного ремесла в одном из крупных княжеств древнерусского государства в IX—XIII вв., были проведены металлографические исследования 600 железных и стальных изделий из 25 археологических памятников Полоцкой земли.

При решении поставленных задач возник ряд трудностей. Одна из них связана с отсутствием метода надежной датировки железных находок. Другая заключалась в ограниченных возможностях проведения спектрального анализа массовых серий железных предметов из-за отсутствия в институте специалистов-химиков для приготовления проб с целью исследования их на современных приборах. Определение гаммы примесных химических элементов в металле изделий позволило бы получить важные данные, касающиеся распространения готовой кузнечной продукции от мест ее производства и установления торговых связей в древнерусский период. Реконструкция технологических схем и операций в отдельных случаях была затруднена, а иногда невозможна в связи с последствиями коррозионных и диффузионных процессов.

Автор выражает благодарность археологам, руководителям раскопок за предоставленные коллекции для проведения металлографических исследований кузнечной продукции Полоцкой земли, металловедам, дирекции и сотрудникам Белорусского республиканского научно-производственного объединения порошковой металлургии за участие в обсуждении результатов исследований, научные консультации, разрешение пользоваться приборами и оборудованием.

Глава I

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

КУЗНЕЧНОЕ СЫРЬЕ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ

Материалы исследований

В результате раскопок археологических памятников Полоцкой земли найдены многие сотни разнообразных кузнечных изделий. Это орудия труда, оружие, бытовые и хозяйственные предметы, изготовленные из железа и стали местными мастерами, а также импортированные из отдаленных производственных центров. Представляет интерес случайная находка в 1957 г. в Полоцке меча, датируемого X в. Выявленная А. Н. Кирпичниковым[1] инкрустированная надпись «Ульфберт» (ULFBERHT) свидетельствует об изготовлении данного экземпляра западноевропейскими оружейниками. Отмечается, что клинок из Полоцка имеет высокохудожественную отделку рукоятки, но ничего неизвестно о структуре его лезвия. Менее интересны для технологического изучения детали другого меча (перекрестье и навершие рукояти), относящегося к XII—XIII вв. и найденного в Минске, где выявлены также сабля XII в. и фрагменты доспехов[2]. Наконечники копий и стрел часто встречаются в ходе раскопок городов Полоцкой земли[3].

Из предоставленных для проведения микроструктурного анализа археологических материалов наиболее крупные коллекции кузнечных изделий взяты из раскопок Г. В. Штыхова[4], Л. В. Дучиц[5], Т. С. Бубенько[6], В. Е. Соболя[7] и других археологов. Местонахождение памятников Полоцкой земли, материалы из которых являются источниками для изучения кузнечного ремесла, показано на рис. 1, а также в табл. 1. Распределение железных предметов по видам иллюстрирует табл. 2. Из нее видно, что наиболее полно в исследовании представлены хозяйственные ножи различных типов. Фрагментарность многих ножей, сточенность их лезвий не позволяют провести эффективное типологическое исследование. Однако наличие свыше 100 целых экземпляров дает основание заключить, что кузнецы Полоцкой земли изготовляли преимущественно черенковые ножи небольших размеров с прямой или слегка изогнутой спинкой. Длина лезвия в них колеблется в пределах 7—10 см, а черенка — 3—5 см. Есть малые ножи с лезвиями длиной 4—5 см. Иногда встречаются экземпляры с длинными лезвиями (до 15 см), на Нижнем замке в Витебске найден нож с лезвием длиной 22 см.

Из общей массы выделяются ножи с длинными (8,5—10 см) черенками. Они найдены на городище Ратюнки, на селище Менка, в кургане близ д. Глинище и др. Иногда кончики черенков загнуты или расклепаны. Для прочного крепления рукояти черенок проходил ее насквозь и загибался или расклепывался на тыльном конце. Аналогичный прием использовался и для крепления наверший в мечах. По наблюдениям Р. С. Минасяна, ножи с длинными черенками в IX в. употреблялись

германоязычным населением Северной Европы, а в X—XI вв. распространились в юго-восточную Прибалтику и на территорию древнерусского государства. Они выявляются на тех археологических памятниках, где есть скандинавские погребения или материалы[8]. Несомненно, ножи по подобной технологии могли изготовлять и местные кузнецы.

К категории массивных кузнечных изделий относятся топоры. На раннем этапе истории Полоцкой земли еще бытовали узколезвийные

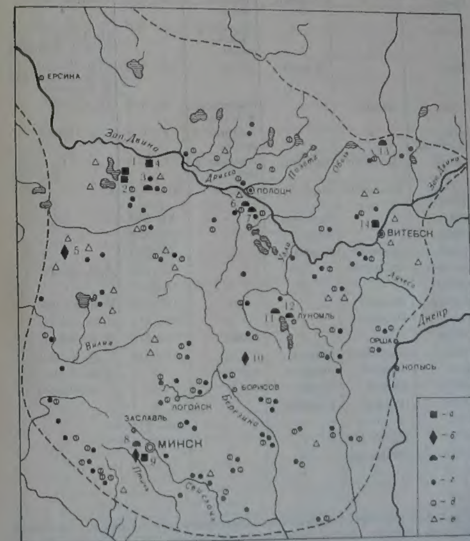


Рис. 1. Карта Полоцкой земли (по Г. В. Штыхову) с указанием археологических памятников, кузнечные изделия из которых были исследованы металлографически, а также объектов, связанных с металлургией и обработкой железа (по неполным данным археологии, геологии и топонимики). Условные обозначения: а — городища, б — селища, в — курганы, г — залежи болотных и луговых руд, д — рудня, е — поселения с названием «ковали» (кузнецы). 1 — Масковичи, 2 — Ратюнки, 3 — Лесная, 4 — Прудники, 5 — Поставы, 6 — Глинище, 7 — Плусы, 8 — Дворище, 9 — городище и селище на р. Менке (Строчицы), 10 — Гливин, 11 — Слободка, 12 — Закурье, 13 — Дорохи, 14 — Лужесно

Таблица 1. Местонахождение археологических памятников Полоцкой земли, кузнечная продукция из которых подвергалась металлографическому анализу

Местонахождение памятника: населенный пункт	район	область	Категория памятника	Датировка предметов, вв.	Руководитель раскопок
Полоцк		Витебская	Верхний замок	IX—XIII	Г. В. Штыхов
Витебск		»	Верхний и Нижний замки	X—XIII	Т. С. Бубенько О. Н. Левко Л. В. Колединский
Минск		Минская	Замок	XI—XIII	Г. В. Штыхов Э. М. Загорульский В. Е. Соболь
Заславль	Минский	»	городища Вал и Замэчек	X—XIII	Ю. А. Заяц
Менка (Строчицы)	»	»	городище и селище	X—XIII	Г. В. Штыхов
Лукомль	Чашникский	Витебская	городище и селище	IX—XIII	»
Старо-Борисов	Борисовский	Минская	городище	XII—XIII	»
Орша		Витебская	»	XI—XIII	»
Логойск		Минская	»	XI—XIII	»
Копысь	Оршанский	Витебская	»	XI—XIII	»
Масковичи	Браславский	»	»	XI—XIII	Л. В. Дучиц
Ратюнки	»	»	»	IX—XIII	»
Прудники	Миорский	»	»	IX—XIII	В. И. Шадыро
Лужесно	Витебский	»	»	VIII—IX	Г. В. Штыхов
Поставы		»	селище	X—XII	Э. М. Зайковский
Гливин	Борисовский	Минская	»	IX—XII	В. П. Ксензов
Лесная	Миорский	Витебская	курганы	X	Л. В. Дучиц
Дворище	Минский	Минская	»	X	Г. В. Штыхов
Глинище	Полоцкий	Витебская	»	X	»
Плусы	»	»	»	X—XI	»
Дорохи	Городокский	»	»	X	»
Слободка	Чашникский	»	»	X	»
Закурье	»	»	»	X—XI	»

орудия для обработки древесины. Постепенно им на смену приходят широколезвийные топоры, изменяется форма их обуха. Отсутствие метода надежной датировки затрудняет в спорных случаях установление хронологии отдельных экземпляров. Это касается в первую очередь топора из Нижнего замка в Витебске (фото 1, *5*). Данный тип инструмента для деревообработки в Центральной Европе широко бытовал в XVI в., хотя не исключено, что схожие по форме топоры изготовлялись раньше. Судя по документации, предмет найден в непотревоженном слое XIII в. Близкой аналогией этому экземпляру является топор из колодца в г. Мост (ЧССР), также датированный последней четвертью XIII — нача-

Таблица 2. Распределение по видам кузнечной продукции, исследованной металлографически, из археологических памятников Полоцкой земли

Археологические памятники	Название кузнечной продукции: ножи	топоры	тесла	сошники	серпы	косы	долота	шилья	ножницы	рыболовные крючки	рыболовные остроги	кресала	замки	ключи	пряжки	булавки	шпоры	навершия рукоятей мечей	наконечники копий	наконечники стрел	булавы	удила	стремена	прочие	Всего
Полоцк	15	1															1								17
Витебск	32	5	1		1				2	1		1	1	1			3			1				2	51
Минск	38	2	1	1	3	2	1		1			1		2			1		3	7			1		64
Заславль	16			1	3	1						1					2		3			1	2		30
Менка, городище	3	2				1																			6
Менка, селище	47				1	1																			49
Лукомль, городище	47	1			3														1						52
Лукомль, селище	15	3		1																1					20
Старо-Борисов, городище	6																								6
Орша, городище	4					1																			5
Логойск, »	7																								7
Копысь, »	9				1																				10
Масковичи, »	126	9	4	3	4	2	2	2	3	3	2	7	5	7	5	8	6	2	7	9	2	8		11	237
Ратюнки, »	8							2		5									1						16
Прудники, »		1				1		1	1				1						1	1				1	8
Лужесно, »	2				1																				3
Поставы, селище	1	1																							2
Гливин, »		1								1															2
Лесная, курганы	2				1							1												1	5
Глинище, »	1				1																				2
Плусы, »	3																								3
Слободка, »	1				1																				2
Дорохи, »					1																				1
Дворище, »	1																								1
Закурье, »	1																								1
Итого	385	26	6	6	21	9	3	5	7	10	2	11	7	10	5	8	13	2	16	19	2	9	3	15	600

лом XIV в.[9] Важно сравнить не только форму, но и результаты металловедческого анализа этих двух предметов[10].

Эволюция формы деревообрабатывающего инструмента предопределяет совершенствование технологии его изготовления. На материалах Полоцкой земли предоставляется возможность проследить использование технологических схем для улучшения эксплуатационных характеристик ответственных орудий труда. Следует отметить трудности, возникшие при определении назначения отдельных категорий кузнечной продукции. В первую очередь это касается тесел. Если определение экземпляра из Минска, утерянного при строительстве конструкций вала, не вызывает сомнений, то проушные тесла из городища Масковичи могли использоваться в качестве мотыжек. Сильная деформация режущих кромок этих предметов в некоторых случаях свидетельствует скорее о применении их для рыхления каменистой почвы, чем для обработки древесины. Пока не установлено назначение массивных булавок с подвижными кольцами. Наличие разнообразного орнамента, тщательная обработка поверхностей говорят о том, что производству данного вида продукции мастера уделяли особое внимание.

Ограниченное количество предметов вооружения, поступивших в наше распоряжение, не позволяет широко исследовать технологию изготовления оружия, которое в отличие от орудий труда реже встречается во время раскопок.

Основу кузнечной продукции Полоцкой земли в древнерусский период составляли универсальные инструменты (ножи, шилья и т. п.), инструменты для обработки дерева, металла, кости, разнообразный земледельческий инвентарь (сошники, серпы, косы), приспособления для рыбной ловли, охоты, предметы бытового и хозяйственного обихода. Археологические материалы свидетельствуют о мирной деятельности местного населения, занимавшегося земледелием, скотоводством и т. п.

Методика исследований

В процессе изучения археологических материалов большинство исследователей не ограничивается поверхностным анализом, а проводит отбор образцов, который, нанося некоторый ущерб находке, позволяет получить максимум научной информации. Хорошая сохранность железных и стальных предметов в культурном слое Новгорода Великого сделала возможным безошибочное установление технологических схем изготовления многих видов кузнечной продукции путем поверхностного изучения[11].

Для макроструктурного изучения поверхностей железных предметов используется старый способ зачистки и травления растворами азотной кислоты[12]. В последнее время чехословацкие исследователи И. Коцих и М. Леуканичева применяют метод электролитической лощильной пипетки «Элигрес» (Elygres) при подготовке конкретных участков поверхности для металлографического анализа. Преимущество этого метода в том, что исследуемые находки не повреждаются[13]. Однако поверхностные методы, по нашему убеждению, носят вспомогательный характер и могут быть полезными при экспресс-анализе для уточнения датировки памятника, а также при типологизации предметов. Существенную роль эти методы могут сыграть во время исследований, дополняющих металловедческий анализ и позволяющих установить разновидность технологических приемов. Например, механическая зачистка и обработка по-

верхностей специальными травителями необходимы для выявления узоров на предметах с дамасскими лезвиями.

Метод просвечивания железного предмета рентгеновскими лучами позволяет выявлять наличие в исследуемом предмете различных дефектов (пор, включений), ликвационных зон, инкрустационные узоры и клейма мастеров, а также определить толщину слоя оксидов[14]. При изучении археологических материалов может оказаться перспективным метод ультразвуковой дефектоскопии. Однако упомянутые выше методы не могут заменить исследование железных и стальных находок традиционными методами современной металлографии. В случае приготовления шлифов на поверхностях массивных предметов возникают трудности и неудобства в ходе микроструктурных наблюдений, при измерении микротвердости и твердости. Невозможно проведение тонкого анализа на электронном микроскопе или рентгеновском микроанализаторе, в вакуумные камеры которых можно поместить только небольшие пробы металла.

В наших исследованиях в большинстве случаев от каждого анализируемого предмета брался образец (иногда два), причем особое внимание уделялось выбору места его расположения в изделии, так как по структуре образца судят обо всем изделии[15]. Отобранные образцы заделывались в цилиндрические струбцинки с помощью сплава Вуда. При соответствующих габаритах эти же пробы могут быть использованы для исследований на микрозонде, электронном микроскопе и других приборах. После заделки образцы шлифовались на абразивном круге и шлифовальной бумаге различных номеров, полировались с использованием алмазной пасты и водной суспензии окиси хрома до зеркального блеска. Травление шлифов производилось разными реактивами, применяющимися в металлографии[16], преимущественно 4%-ным раствором азотной кислоты в этиловом спирте (ниталь). Выявление характера распределения фосфора в металле осуществлялось по разработанной методике реактивом Оберхоффера (30 г $FeCl_3$, 1 г $CuCl_2$, 0,5 г $SnCl_2$, 50 мл HCl, 500 мл этилового спирта и 500 мл дистиллированной воды)[17]. Травление подготовленных поверхностей наконечников копий и других предметов проведено реактивом Гейна (10—12%-ный раствор $CuCl_2NH_4Cl$).

Металлографические наблюдения проводились на оптических микроскопах MeF—2, MeF—3, Polyvar Met. фирмы «Райхерт» (Reichert). Микротвердость структурных составляющих во всех образцах измерена на приборе фирмы «Акаси» (Akashi), модель MVK—D. Нагрузка и продолжительность ее приложения осуществлялись автоматически. Твердость измерялась на приборе ТП—2 по методу Виккерса. Номер зернистой структуры, согласно ГОСТ 5639-65, установлен в зависимости от количества зерен на 1 мм² площади шлифа по методике Ц. Джеффриса (2-й вариант).

Спектроскопические измерения проводились для определения процентного содержания микропримесей химических элементов, сопутствующих железу и стали. Как установлено, большинство примесных элементов при восстановлении металла переходили из руды и их гаммы специфичны для конкретных рудоносных районов[18]. Массовые измерения химсостава исходного сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, обработанные методами математической статистики, позволили бы успешно изучать вопросы обмена и торговли кузнечной продукцией в древнерусский период[19]. На спектрофотометрах было исследовано небольшое количество предметов с использованием растворенных проб. Считается, что этот метод самый удобный[20], потому что дает возмож-

ность получать усредненные данные химического состава неоднородного кричного металла. Несколько предметов изучено на приборе «Спектромобиль». При проведении анализа уделялось внимание подбору гаммы элементов-индикаторов для последующего составления групп предметов, обладающих устойчивыми признаками.

Однако усредненных данных спектрометрических измерений недостаточно для исследователя при изучении многослойного (псевдопакетного) металла, межзеренных границ в крицах и конкрециях, кузнечной

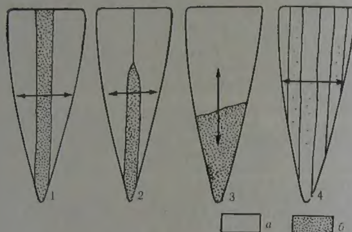


Рис. 2. Прохождение электронного луча (показано стрелками) по поверхности шлифа при исследованиях кузнечных изделий на рентгеновском микроанализаторе. Условные обозначения: *а* — железо, *б* — сталь. 1 — трехполосный пакет, 2 — вварка стальной рабочей части, 3 — наварка стального лезвия, 4 — псевдопакет

продукции, изготовленной путем сочетания железа и стали, паяных соединений и др. Для этих целей широко использовался рентгеноспектральный электроннозондовый микроанализ, позволяющий определять содержание примесных элементов как в отдельных точках, так и на конкретных участках шлифа. Исследование участков и переходных зон особенно необходимо в комбинированных железно-стальных предметах, изготовленных по технологическим схемам трехполосного пакета и наварки стали на железную основу (рис. 2). Согласно рабочей гипотезе, при изготовлении комбинированных изделий возможно использование железа и стали различного происхождения. Отдельные пластины могли быть откованы из металла, полученного из разных железных руд или из руды одного месторождения, но при разных режимах сыродутного процесса, что сказывалось на количественном содержании и гамме примесных элементов.

В ходе исследований на микрозонде обнаруживается разница в содержании того или иного химического элемента в каждом слое пакета, в стальных и железных частях комбинированных лезвий. Эту разницу выявляет также и спектральный анализ, но отбор проб практически невозможен в тех случаях, когда слои в пакете тонкие или наваренные стальные лезвия сохранились плохо (уничтожены коррозией или многократной заточкой). К тому же рентгеновский микроанализатор позволяет определить содержание примесных химических элементов в сварных швах, микровключениях, оценить характер диффузии углерода и других веществ из одних зон металла в другие и т. д. Последствия диффузионных процессов в железных сплавах необходимо учитывать при реконструкции различных кузнечных технологических приемов [21].

Во избежание погрешностей при проведении микрорентгеноспектральных исследований особое внимание уделялось подготовке шлифов и их травлению. Состояние поверхности шлифа на образце оказывает большое влияние на точность количественного анализа [22], потому что возбуждение рентгеновского излучения при микроанализе происходит на глубине порядка 1 мкм. В результате травления может произойти выщелачивание отдельных элементов, осаждение посторонних примесей из реактива, полное вытравливание некоторых фаз. Без травления шлифов невозможно определить место, подлежащее анализу, поэтому важным был подбор методов его проведения, а затем образцы слегка полировались для снятия тонкого поверхностного слоя. При проведении микрорентгеноспектральных исследований осуществлялось постоянное наблюдение изучаемых зон шлифа под оптическим микроскопом прибора для сопоставления данных анализа с микроструктурой образца. Исследования проводились на микроанализаторе MS-46 фирмы «Камека» (Cameca) при напряжении 20 кВ, силе тока $50 \cdot 10^{-9}$ А, диаметре электронного луча 1 мкм. Скорость продвижения образца при изучении распределения примесных элементов в кристаллитах и на их границах была 20 мкм/мин. Для исследований содержания примесей в стали и железе на образцах комбинированных изделий скорость в каждом конкретном случае выбиралась с учетом технологической схемы в пределах 75—300 мкм/мин. Скорость продвижения ленты регистратора — 25 мм/мин.

Образцы в вакуумной камере прибора перемещались так, чтобы электронный луч проходил поперек межзеренных границ, слоев пакета или пересекал сварные швы в лезвиях с наварными стальными частями (рис. 2). Фиксировалось прохождение железных и стальных пластин, сварных швов, шлаковых включений и иных микрообъектов с целью определения содержания и распределения примесных химических элементов в каждом слое, в сварных швах, во включениях и т. д. В зависимости от поставленной задачи анализ проводился на никель, марганец, хром, титан, медь, кобальт, вольфрам, кремний, фосфор и другие элементы. При определении хрома полировка шлифов выполнялась с использованием окиси алюминия. С учетом предыдущих работ, а также результатов других исследователей [23] больше внимания уделялось тем примесным элементам, определение содержания которых дает возможность сопоставления полученных данных.

Сравнительный анализ является одним из основных в археологии. Развитие науки показало, что при сравнительном методе наряду с формой предмета необходимо учитывать характеристику металла и способов его обработки [24]. Комплексный подход к изучению археологических железных находок при осуществлении большого количества анализов раскрывает технологию производства кузнечной продукции, позволяет определить уровень техники того или иного исторического периода. Как известно, уровень техники тесно связан с уровнем развития общей экономики [25]. Сопоставление результатов исследований, несомненно, даст немало аргументов, подтверждающих устойчивые контакты ремесленников с производственными центрами и населения определенных регионов между собой. Полезным является сравнение данных исследований многих видов кузнечной продукции разных исторических периодов с технологией изготовления аналогичных современных изделий.

Из предложенных в литературе других методов для изучения важ-

ных проблем в археологии [26] заслуживает внимания статистический метод оценки количественного содержания нитридов в структуре металла путем определения среднего расстояния между частицами с учетом коэффициента диффузии азота в феррите для установления хронологии и датировки железных предметов [27]. Метод микрорентгеноспектрального анализа применяется для углубленного изучения химического состава включений шлака в изделиях из сыродутного железа [28]. Он должен сочетаться с исследованиями шлаковых включений на оптических и электронных микроскопах с целью определения характерных особенностей шлака из разных металлургических центров [29].

Кузнечное сырье

Для эпохи Киевской Руси, составной частью которой была Полоцкая земля, характерно дальнейшее развитие металлургии железа. По сравнению с ранним периодом железного века, когда за один цикл металлургии получали сотни граммов восстановленного металла, древнерусские мастера умели добиваться более высокой производительности сыродутных печей: вес криц достигал нескольких килограммов [30]. В исследованиях Б. А. Колчина зафиксированы крицы массой от двух до шести килограммов [31]. Их форма округлая или лепешкообразная. Судя по описаниям макро- и микроструктуры, куски восстановленного железа нуждались в тщательной трудоемкой обработке с целью превращения их в полуфабрикаты. Изготовление товарных полуфабрикатов обусловливается только железоделательным производством, в котором металлургия отделилась от кузнечного дела. Такие предметы найдены в ходе археологических раскопок и являются одним из свидетельств разделения труда в добыче и обработке железа. Полуфабрикаты имеют форму диска. Металлографическое изучение выявило однородную ферритную структуру средней зернистости и много шлаковых включений [32].

Насколько повсеместным было отделение металлургии железа от кузнечного ремесла в древнерусский период, сказать трудно. Скорее всего разделение труда произошло между городом и окружавшими его сельскими поселениями. Рассматривая этот вопрос при изучении обработки железа в позднефеодальный период, исследователи полагают, что в XVI в. «деревенская металлическая промышленность стала в основном железоделательной, а городская — исключительно металлообрабатывающей» [33]. Причем полное отделение кузнечного ремесла от доменного на территории русского государства произошло только в больших городах, а на окраинах связь между ними сохранялась [34]. Это объясняется тяготением металлургии железа к рудным месторождениям. В древнерусской деревне она не могла полностью отделиться от сельского хозяйства и имела характер сезонного домашнего промысла [35].

Об отделении металлургии от кузнечного ремесла в Полоцкой земле в исследуемый период утверждать нельзя. Частые находки в городских культурных напластованиях отходов железоделательного производства свидетельствуют о местной металлургии железа. В Друцке, например, на детинце обнаружен развал сыродутной печи, яма со шлаками и несколькими большими соплами [36]. На Верхнем замке в Полоцке в слоях X—XIII вв. неоднократно встречались металлургические шлаки. Отходы металлургии железа этого времени и даже XIV в. — частые находки в Минске, Витебске, Заславле, Логойске, Лукомле и других городах [37].

Завозить на территорию города шлаки необходимости не было. Они остались от функционировавших здесь сыродутных печей. Необходимо отметить ошибочность деления шлаков на металлургические и кузнечные [38]. При кузнечной обработке железа отходы бывают в виде окалины, которую невозможно перепутать со шлаками.

После анализа археологических материалов, сопоставления с результатами других исследователей можно сделать вывод, что в период IX—XIII вв. сырье (железо и сталь) для кузнецов поступало различными путями. В Полоцкой земле на раннем этапе мастера могли еще в известной степени совмещать в одном лице и металлурга, и кузнеца, т. е. сами добывали железо и обрабатывали его. В период наивысшего подъема ремесленного производства (XII в.) кузнечное дело в городах, возможно, было отделено от металлургии железа и стали. В результате торговли и обмена металл мог поступать на исследуемую территорию даже из отдаленных производственных центров. В периоды застоя и регресса, которые не обходили стороной Полоцкую землю, кузнецы вынуждены были сами добывать сырье. Сельские мастера также приобретали металл на рынках, особенно в тех местностях, где вблизи не было залежей болотных железных руд. Некоторые из них выполняли весь цикл работ, связанных с добычей руды, выжиганием угля, постройкой домницы, восстановлением металла (железа и стали), изготовлением различной кузнечной продукции.

На территории Полоцкой земли имелось сырье для металлургии железа. Известно много небольших месторождений болотной руды по берегам Двины [39], Березины, Бобра и др. [40] Причем рудоносные пласты залегают на вполне доступной для горняков того времени глубине — 1—1,25 м. Возможно, к древнерусской поре относится начало разработки некоторых месторождений с возникновением позднее здесь мануфактурных предприятий — руден. Название «рудня» сохранилось до наших дней за населенными пунктами, где возникли и функционировали металлургические предприятия [41]. Наиболее крупные давали продукцию еще в середине XIX в., например заводы в урочище Чернявка возле Борисова, в фольварке Высокое близ Орши и др. [42] В лесах всегда можно было в достаточном количестве вести заготовку дров для углежжения. Уголь был необходим не только для восстановления металла, но и для его кузнечной обработки. Также в достатке повсеместно имелся строительный материал (камни, глина и др.) для постройки сыродутной печи, кузнечного горна, изготовления сопел для подачи воздуха, воздуходувных мехов и прочих приспособлений.

Об исходном металле, из которого кузнецы Полоцкой земли изготовляли орудия труда и оружие, данных почти нет. В коллекционных описях археологических раскопок постоянно фигурируют железные крицы, однако при проверке оказывается, что это куски шлака. Возможно, в будущем крицы обнаружатся. В других республиках такие находки встречаются. Например, крицы массой около двух килограммов найдены в Новгороде [43]. В Литве крица массой 1200 г выявлена на поселении Петрешюнай Рокишкского р-на [44]. Несколько криц обнаружено в Латвии. Они имеют вес до 1450 г, неравномерное распределение углерода в металле. Так, крица из городища Тервете, датированная XIII в., содержит в разных местах от 0 до 1,2% углерода. Ее вес — 732 г. Крица из Турайды весит 860 г, датирована XII в. [45] Железные крицы IX—XI вв., выявленные во время раскопок в Победиме и Гурбанова-Богатой, также невелики, имеют диаметр около 100 мм, высоту до 50 мм [46].

Приведенную выше краткую информацию об исходном металле

2 Зак. 182

можно было бы дополнить материалами с территорий Украины и Польши. Однако и этих данных достаточно для того, чтобы ориентироваться в количественной и качественной сторонах металлургической продукции IX—XIII вв. Кузнечное сырье Полоцкой земли было в известной мере аналогичным. Подтверждением этому являются результаты исследований металлических конкреций, выявленных нами в кусках шлака из археологических памятников Полоцкой земли: Заславля Минского р-на, Дивного Витебского р-на, Маскович и Ратюнок Браславского р-на.

Из сотен кусков шлака путем магнитной сепарации отбирались перспективные экземпляры, в которых после соответствующей обработки были выявлены конкреции и частицы восстановленного железа. На шлифах при 100-кратном увеличении частицы хорошо видны и от минералов шлака отличаются характерным металлическим блеском. Исследование этих частиц целесообразно для познания процесса спекания при крицеобразовании (фото 5, *а—в*). Наблюдения показали, что основная масса исходного кузнечного сырья получалась в результате преимущественно твердофазного спекания. Важным аргументом в пользу такого вывода является наличие между частицами так называемых контактных мостиков (фото 5, *г—з*). Рост мостиков осуществлялся диффузионным переносом массы в зависимости от температуры конкретных зон сыродутной печи и размеров спекающихся частиц [47]. Контрольные расплавления кусков шлака позволили установить, что температурный режим сыродутных печей не превышал 1350 °С. При такой температуре образуется вязкий тестообразный шлак [48], который хорошо удерживает частицы и конкреции во взвешенном состоянии и не препятствует процессу коагуляции их в крицы [49].

Крицеобразование происходило при наличии некоторого количества жидкой фазы, что облегчало перемещение твердых частиц, способствовало заполнению микропор, увеличивало скорость диффузии различных компонентов, и в частности углерода. Это обеспечивало не только выход плотных криц [50], но и приводило к неравномерной науглероженности металла. Результаты микроструктурного анализа конкреций (табл. 3) выявили разнообразие структурных составляющих. Наряду с металлом ферритной структуры (фото 6, *б*) довольно часто встречаются стальные конкреции, в которых феррит и перлит имеют вид видманштеттовой структуры (фото 6, *в*, *г*). Необходимо отметить наличие чистого перлита на отдельных участках (фото 6, *д*). Распространенными являются конкреции со структурами заэвтектоидной стали, в которых цементит наблюдается как в виде игл, так и на границах перлитных участков (фото 6, *е—з*).

Если в дальнейшем при исследовании криц будут получены аналогичные результаты, можно с уверенностью говорить, что древнерусские металлурги получали непосредственно в сыродутных печах не только кричное железо, но и качественную сырцовую сталь с различным содержанием углерода [51]. Исходя из этого, осложняется вычисление экономических показателей ориентировочной стоимости стали [52], потому что металл обладает в большинстве случаев достаточной концентрацией углерода и требует не насыщения им, а обезуглероживания. Описывая способы получения стали в Киевской Руси, Б. А. Колчин в первую очередь называет сталь, полученную непосредственно в сыродутной печи, затем сварочную сталь (уклад) и, наконец, томленую сталь, производившуюся путем цементации железа [53]. Последовательность описания, основанная на результатах исследований, показывает, что наиболее распространенной была сырцовая сталь. Для повышения ее качества на

Таблица 3. **Результаты металлографического анализа железных конкреций, выявленных в кусках шлака из памятников Полоцкой земли**

№ образцов	Местонахождение памятника	Структурные составляющие	Зерно (балл)	Микротвердость, кгс/мм²	Примечания, выводы
1	Заславль	перлит цементит		231 579	конкреция имеет структуру заэвтектоидной стали
2	»	перлит цементит		212 564	»
3	»	перлит		220	содержание углерода 0,7 %
4	»	перлит цементит		228	цементита мало, он наблюдается спорадически в виде игл
5	»	феррит перлит	3	129 198	структура неравномерно науглероженного железа
6	»	феррит перлит	2	119 201	»
7	»	феррит перлит цементит	3	124 209 537	конкреция имеет структуру стали и неравномерным распределением углерода
8	»	феррит	4	108	структура железа
9	»	перлит цементит		193	цементита мало, структура стали
10	»	феррит перлит цементит	3	104 224	»
11	Масковичи	феррит перлит	4	104 186	конкреция имеет структуру низкоуглеродистой стали
12	»	феррит перлит цементит	3	99 191 495	структура стали с неравномерным распределением углерода
13	»	феррит перлит	4	115	структура железа с незначительным содержанием углерода
14	»	феррит перлит цементит	3	119 226 547	конкреция имеет структуру стали
15	Ратюнки	перлит		204	»
16	»	феррит перлит	5	123	структура железа с неравномерным науглероживанием
17	Дивное	феррит перлит	4	121	структура железа, перлита мало
18	»	феррит	4	87	структура железа
19	»	феррит перлит цементит	3 5	131 218 537	стальная конкреция с неравномерным распределением углерода, есть феррит на границах перлитных участков
20	»	феррит перлит	2	119 189	металл имеет незначительное науглероживание
21	»	феррит перлит	4	123	»

заключительном этапе металлургического цикла, возможно, использовались какие-либо дополнительные операции, что вряд ли могло сказаться на себестоимости стали.

А. Фуллон [54] дает описание способа получения так называемого уклада. Е. Пясковский полагает, что реальнее получить уклад путем закалки криц, механическим отделением из науглероженных частей с последующей сваркой в один полуфабрикат [55]. Возможно, уклад получали способом ковки и сварки нескольких криц со стальной структурой. Томление стали с дополнительным насыщением ее углеродом и без цементации несомненно способствовало выравниванию структуры металла в результате диффузии углерода из зон с высокой его концентрацией в низкоуглеродистые, за счет ликвидации некоторого количества пор, «растворению» в металле мелких включений шлака и других процессов. Вторичному науглероживанию рациональнее подвергать не крицы, а полуфабрикаты и готовые изделия [56], так как неизвестно, окажется ли на рабочей части предмета металл, насыщенный углеродом. Пока не существует метода для определения цементованной стали и отличия ее от сырцовой, полученной непосредственно в сыродутной печи [57].

Древнерусские мастера всегда придерживались целесообразной последовательности проведения технологических приемов и операций. Дифференцированный подход к подбору металла при изготовлении комбинированных изделий способствовал рациональному использованию и качественной стали, и пронизанного включениями шлака кричного железа. При оценке исходного металла по современным меркам (по ГОСТ 1778-62 его качество оценивается металлографически долей площади шлифа, занятой порами и включениями) кузнечное сырье окажется невысокого качества. Кричное железо имеет часто высокую остаточную пористость, содержит до 3% включений шлака, но и в лучшем сварочном железе XIX в. шлаковых включений не меньше [58]. За счет тщательной обработки качество металла значительно повышалось, что делало его пригодным для изготовления ответственной продукции [59].

Известна повышенная коррозионная стойкость кричного металла по сравнению с современной литой нелегированной сталью. Установление причин этой стойкости может иметь прикладное значение для производства нелегированных коррозионностойких сталей. Считается, что содержание меди в железе до 0,2% и фосфора до 0,1% позволяет получить желаемый эффект [60]. В свете теории обеднения межкристаллитных границ хромом исследовалось распределение этого элемента в зернах кричного железа и на их границах, а также меди, никеля, марганца, кремния. Образцы подготовлены на конкрециях ферритной структуры (фото 6, *б*), на которых межзеренные границы иногда наблюдаются даже без предварительного травления. В ходе исследований на микрозонде обнаружена в некоторых случаях повышенная концентрация хрома на границах (до 0,35%), хотя в зерне его содержание незначительное (рис. 3, *а—в*). При наличии шлаковых прослоек между зернами зарегистрировано повышенное содержание марганца, который при сыродутном процессе переходит в основном из руды в шлак (рис. 3, *г*). Распределение меди, никеля и кремния незначительно колеблется в кристаллитах, а на границах никель почти совсем отсутствует.

При последующей металлообработке исходного металла в результате воздействия высоких температур, диффузии некоторых элементов из одних участков металла в другие, рекристаллизационных процессов повышенные содержания элементов на межзеренных границах могли нарушаться, однако можно предположить, что связанная с этим

повышенная стойкость кричного железа против коррозии сохранялась.

Металловедческий анализ конкреций и многочисленной кузнечной продукции показал, что кузнечное ремесло Полоцкой земли располагало сырьем различного качества. Наиболее употребительными были кричное железо и сырцовая сталь. Железо имело неравномерное распределение углерода. Его содержание колебалось от 0 до 0,3%. Сталь использовалась как неоднородная с ферритыми участками, так и с рав-

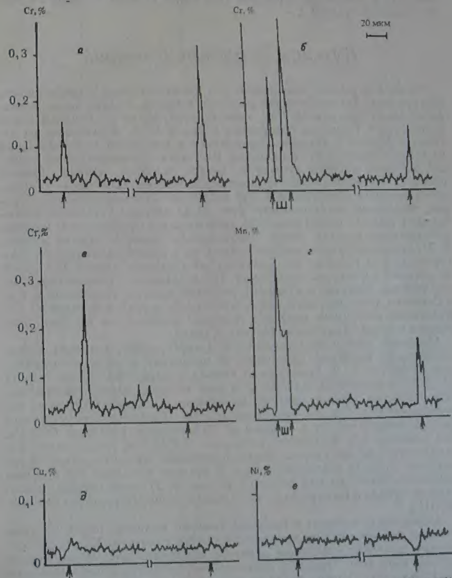


Рис. 3. Распределение хрома (*а—в*), марганца (*г*), меди (*д*) и никеля (*е*) в зернах железа и на их границах (отмечено стрелками). Буквой «ш» показаны прослойки шлака между зернами

номерным распределением углерода по всей массе металла. Наиболее распространенной была среднеуглеродистая (0,4—0,6%) сталь. Встречаются изделия, изготовленные из высокоуглеродистой стали. Применялась и качественная привозная сталь. Если железо использовалось преимущественно для второстепенной продукции, а в комбинированных изделиях играло вспомогательную роль, то сталь шла на наварные лезвия, рабочие части орудий труда.

Сравнительный анализ результатов исследований позволяет заключить, что аналогичную характеристику имеет исходный металл во многих регионах Евразии [61].

Кузницы и инструментарий

Кузнечное ремесло невозможно без наличия кузниц и необходимого инструмента. Археологические раскопки выявили остатки таких производственных сооружений. Так, кузница обнаружена на Верхнем замке в Полоцке [62]. Подобное сооружение открыто Л. В. Алексеевым на детинце [redacted] Друцке [63]. Однако оборудование и кузнечный инструментарий на данных объектах не сохранились. Вне связи с предполагаемой кузницей [redacted] Друцке найдены кузнечные клещи, молоток, зубила. Нельзя признать кузницей ни одну из построек в Минске, хотя следы деятельности кузнецов обнаружены [64]. Это половинка кузнечных клещей, бородок, гвоздильни, точильный круг (рис. 4). О местном металлообрабатывающем ремесле свидетельствуют сработанность инструмента, наличие неоконченных изделий, много всевозможных полос и брусков железа. [redacted] Заславле инструмент пока не найден, но о кузнечном ремесле в этом городе можно говорить на основании обнаружения клещей под одной из насыпей курганного могильника. Предполагается, что это захоронение кузнеца. Наличие в кургане серебряной монеты, чеканенной в X [redacted]. [redacted] Саксонии, позволяет датировать захоронение первой половиной XI в. [65] Кузнечный инструмент найден [redacted] Полоцке, Витебске, на городище Масковичи и других памятниках Полоцкой земли.

Наиболее полное представление о древнерусских кузницах можно составить по находкам, сделанным за пределами исследуемого княжества. В 1985 г. Л. В. Колединский выявил в Слуцке на уровне пласта XII в. сруб размерами 3,4×3,5 м, в углу которого была печь-каменка. При расчистке найдено большое количество кузнечной продукции, полуфабрикатов и отходов металлообработки. Полный набор кузнечного инструментария открыт в кузнице на Райковецком городище (УССР). Она находилась в постройке размером 3,4×3,1 м, расположенной в валу рядом с жилой клетью, предположительно жильем мастера. В левом углу от входа расположен горн. В кузнице выявлены две большие наковальни (одна из них показана на рис. 4, *2*), двое клещей, молот, молоток, зубило и готовые изделия — косы и серпы. Датируется постройка XIII в. [66]

Аналогичные размеры и производственный комплекс имели кузницы сельских мастеров и в последующие столетия вплоть до XX в. Это отдельные постройки небольших размеров, основными предметами внутри которых были горн, мехи для подачи дутья, наковальня, пара молотков различного веса, клещи, зубила, гвоздильни, сосуд с охлаждающей жидкостью для закалки, ящик для проведения цементации, различные пробойники, напильники, другие инструменты. Окончательная доводка

и заточка готовых изделий производилась с помощью точильных брусков-оселков, которых только в Минске найдено свыше 100. Отдельные экземпляры таких предметов имеют отверстия, наверное, для привязывания к поясу. Кроме того, использовалась некоторая механизация — точильные круги. Экземпляр из Минска (рис. 4, *10*) имеет в центре квадратное отверстие. В него вставлялась неподвижная ось, вращавшаяся

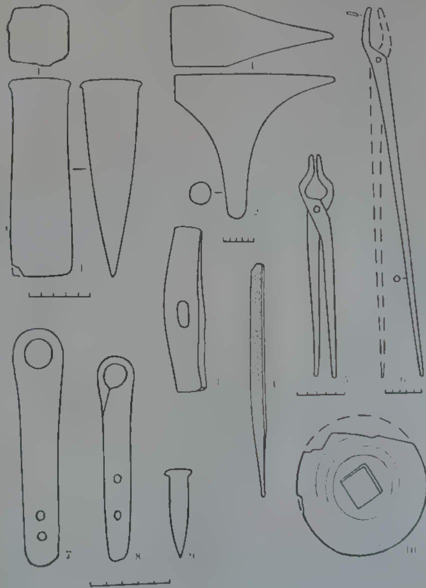


Рис. 4. Инструменты кузнеца: 1 - наковальня из Витебска (Нижний замок); 2 — наковальня из Райковецкого городища (УССР); 3—5 — молоток, напильник и клещи из Друцка; 6—10 — клещи, гвоздильни, бородок и точильный круг из Минска

на специальных упорах. Возможно, ось составляла одно целое с рукояткой, обеспечивавшей точилу вращательное движение [67].

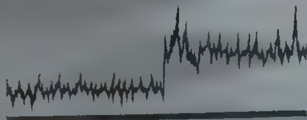
Несмотря на то что в ходе раскопок не выявлены кузнечные мехи, можно утверждать об их наличии в древнерусских кузницах, так как без искусственного дутья невозможно получить необходимую для нагрева металла температуру. Отсутствие в коллекциях многих видов инструмента не может служить доказательством того, что их не применяли кузнецы. Наоборот, изучение разнообразной продукции убеждает в том, что ее производство было возможно благодаря применению сложных приспособлений и инструментов.

Металлографически исследована небольшая наковальня, найденная на Нижнем замке в Витебске (рис. 4, *1*). Она представляет собой массивное (вес 1250 г) клиновидное изделие высотой 150 мм площадью рабочей поверхности около 20 см². Острой частью наковальня вбивалась в колоду. По мнению Б. А. Рыбакова [68], площадь рабочей поверхности кузнечных наковален колеблется в древнерусскую эпоху в пределах от 50 до 150 см². Некоторые из них по форме аналогичны наковальне из Витебска. Последняя с большим основанием может быть отнесена к инструменту ювелира [69], хотя наковальни малых размеров, как считает С. Витлянов [70], могли использоваться и кузнецами. На таких наковальнях, по-видимому, изготовлялась кузнечная продукция малых размеров. О том, что наковальня из Нижнего замка в Витебске длительное время использовалась для ковки, свидетельствует не только расплющенный вид ее рабочей поверхности, особенно по краям, но и микроструктура металла в этой зоне с деформированным зерном.

Мастера Полоцкой земли, судя по результатам исследований, достаточно большое внимание уделяли технологии изготовления кузнечного инструмента, так как понимали, что от его совершенства зависит качество выпускаемой продукции.

Глава II

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЗНЕЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПОЛОЦКОЙ ЗЕМЛИ



В результате полевых исследований археологических памятников Полоцкой земли получено немало материалов для установления ассортимента кузнечной продукции, степени ее стандартизации и определения общего уровня технического потенциала одного из крупных княжеств Киевской Руси. Ценную историческую информацию можно значительно расширить на основе результатов макро- и микроструктурного анализа полуфабрикатов и готовых изделий. При металлографическом исследовании конкретного предмета появляется возможность дать характеристику качеству металла, степени его обработки, установить конструктивную схему изделия и последовательность технологических операций при его изготовлении, определить качество орудий труда и уровень мастерства их производителей. Изучение крупных серий археологических находок с большого количества памятников, относящихся к периодам возникновения, расцвета и упадка княжества, позволяет представить динамику развития металлообрабатывающего производства. Спектральный анализ черного металла поможет локализовать сырьевые базы, установить их связь с ремесленниками, осветить вопросы обмена и торговли сырьем и готовой продукцией.

Типологическое изучение кузнечной продукции и его результаты хорошо освещены в отечественной и зарубежной литературе [1]. Наблюдения по типологической методике необходимо подкрепить результатами технологического исследования.

Кузнечная продукция Полоцкой земли очень разнообразна. Из железа и стали изготовлялись инструменты как для своего, так и для других ремесел, универсальные инструменты, сельскохозяйственные орудия труда, различные бытовые предметы, оружие, снаряжение всадника, элементы конской сбруи, всевозможные украшения и т. д. В Полоцке, Минске, Витебске, Заславле, Друцке найдены кузнечные клещи, молотки, наковальня, несколько видов зубил, бородки для прошивки отверстий. На всех поселениях выявлены хозяйственные ножи, иногда с костяными рукоятками, а также складные ножи. Многочисленные находки — гвозди. Встречаются наконечники пахотных орудий — сошники. Почти повсеместно обнаружены орудия для уборки урожая (серпы, косы, косари). Разнообразен набор инструментов для обработки дерева: топоры, тесла, долота, сверла, пилы и т. п. [2] В широком пользовании у населения были пружинные и шарнирные ножницы. Имущественное неравенство способствовало выпуску сложной продукции — замков. Огонь добывали также с помощью кузнечных изделий — калачевидных и овальных кресал. В большинстве городов Полоцкой земли найдены

различные виды оружия: мечи и сабли (в виде отдельных деталей), наконечники копий и стрел, сулицы, булавы. Выявлены фрагменты доспехов. Снаряжение всадника и верхового коня представлено стременами, шпорами, удилами, псалиями, подковами, пряжками.

Большое количество наименований кузнечной продукции не позволяет перечислить все. Невозможно дать описание многих предметов и поместить в книге обширный иллюстративный материал. Внешний вид некоторых из них представлен на фото 1—4.

Ножи

Ножи составляют самую большую категорию ответственной кузнечной продукции. Металлографически исследовано 385 экземпляров из 22 памятников. Результаты исследования по каждому предмету даны в приложении.

Типологические особенности ножей, найденных во время раскопок на Верхнем замке в Полоцке, представлены на рис. 5. Здесь же схематически показаны технологические приемы, примененные при их изготовлении. Особой технологической схемой выделяется нож № 3. Его корпус сделан путем пакетирования железно-стальной заготовки. На макрошлифе (фото 11, *1*) хорошо виден своеобразный узор. На узорчатый корпус наварена стальная рабочая часть и термообработана. Охлаждение проводилось в мягкой среде, что позволило получить мартенсито-трооститную структуру. Эксплуатационные особенности ножа, который отличается от других аналогичных предметов более крупными размерами, обеспечивали ему универсальность назначения. Однако вряд ли этот экземпляр мог быть боевым ножом. Боевыми считаются ножи длиной не менее 25 см[3].

Трехполосная технологическая схема выявлена в ноже № 10. Этот нож выделяется из общей массы и по своему типу: толстая спинка, сильно вытянутый черенок. На макроструктуре (фото 7, *1*) четко видна центральная стальная полоса и боковые железные. Сталь и железо имеют высококачественное соединение. Сварные швы чистые, содержат незначительное количество очень мелких включений флюсов или окалины. Признаков непровара и расслоения не наблюдается. Шлаковые включения имеются как в железных, так и в стальной пластинах. Содержание углерода в железных полосах незначительно. Стальная полоса закалена. Структурные составляющие — мартенсит и троостит. Микроструктура железа — крупнозернистый феррит. В данном ноже средняя полоса выходит на режущую кромку. Вязкие боковые пластины обеспечивали ей прочность и, постепенно истираясь, самоподзатачивание. Нож сохранял свои эксплуатационные качества до полного стачивания лезвия.

Ножи № 5, 7, 9, 11 и 15 изготовлены по схеме наварки стальной рабочей части на железную основу лезвия, как правило, с последующей термической обработкой. В ножах № 5 и 15 лезвие не цельножелезное. Оно содержит как бы вставки науглероженного металла. Сварные соединения железа со сталью выполнены качественно. В некоторых случаях наблюдается диффузия углерода из стальной части в железную. Шлаковые включения разнообразной формы и серого цвета содержатся в железе в большем количестве, чем в стали. В ноже № 9 стальная часть составляет больше половины ширины лезвия. К тому же в спинке наблюдается значительная концентрация углерода. После закалки

предмета в этом месте имеется мартенсито-трооститная структура. Аналогичная структура характерна и для рабочей части изделия. Зернистость феррита средняя и крупная.

Ножи № 1, 2, 12, 13 и 14 сделаны из железа с небольшим и неравномерным содержанием углерода. Однако нельзя утверждать, что когда-то они не имели приваренных стальных рабочих частей. Судя по сохранности лезвия, большинство из них не подверглись значительной сточенности. Для металла характерны неоднородная зернистость, загрязненность включениями шлака серого цвета.

Нож № 6 также изготовлен из малоуглеродистого металла. Зерно в большинстве мелкое (5—8 баллов). В экземпляре № 8 углерод содержится в спинке, рабочая часть ферритная. Для ножа № 4 использована обработанная методом пакетирования заготовка. Упорядоченного расположения железных и стальных полос не наблюдается. Углеродсодержащие полосы хорошо видны под микроскопом.

Свыше тридцати ножей исследовано из памятников Витебска — Нижнего и Верхнего замков. Типологические их особенности представлены на рис. 6, где видно, что ножи отличаются как формой и размерами лезвий, так и длиной черенка. Пять экземпляров выделяются доста-

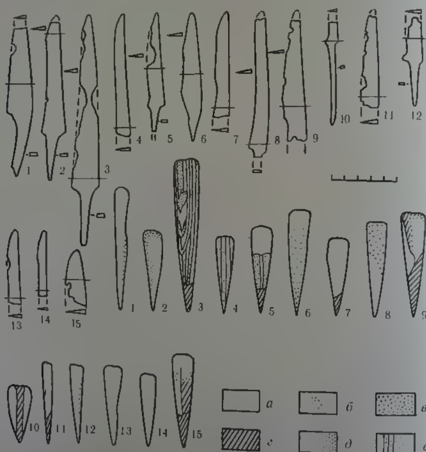


Рис. 5. Ножи из Полоцка и технологические схемы их изготовления. Условные обозначения (для рис. 5—36): *а* — железо, *б* — неравномерно науглероженное железо, *в* — сталь, *г* — термообработанная сталь, *д* — цементация, *е* — псевдопакетный металл. Секущей показаны места отбора образцов для исследований

точно широкими лезвиями. В большинстве ножи являлись универсальным инструментом, который использовался для различных целей. Только нож № 1 по своим крупным размерам может быть отнесен к боевым ножам. Его длина свыше 30 см. В археологической литературе Прибалтики для периода IX—XIII вв. к боевым относятся ножи, у которых клинки не короче 20 см. В Финляндии оружием считаются ножи-скрамасаксы длиной 20—80 см. Для вооружения славян боевые ножи не характерны. Скорее всего, это предмет не местного изготовления.

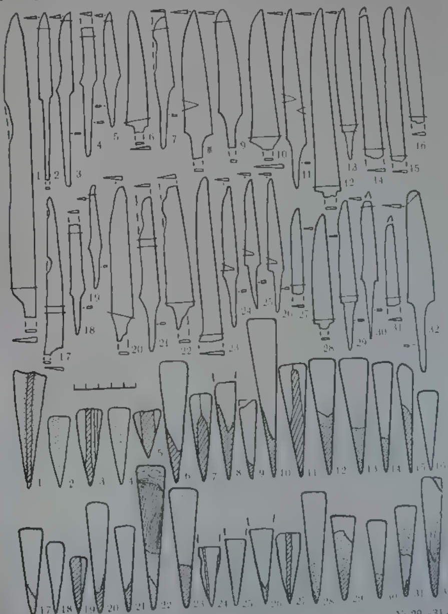


Рис. 6. Ножи из Витебска и технологические схемы их изготовления. № 29—31 — из Верхнего замка, остальные — из Нижнего замка

Металлографическим анализом установлено, что нож № 1 изготовлен по трехполосной схеме: к стальной полосе с обеих сторон приварены железные пластины. Несмотря на диффузию углерода со стальной полосы в железные, сварные швы хорошо наблюдаются под микроскопом в виде тонких светлых полосок. Железные пластины представляют собой кричное железо с неоднородной зернистостью и множеством шлаковых включений. Предмет датирован XII в. В этот период местные кузнецы умели изготовлять трехполосные изделия, однако нельзя исключить того, что данный нож был импортирован или оставлен заезжим купцом.

По аналогичной технологии сделаны ножи № 3, 5, 11, 27. Экземпляр № 5 имеет непомерно толстую спинку, что еще до проведения анализа позволяло предположить использование для его изготовления трехполосной схемы. После подготовки шлифа и травления его ниталем оказалось, что сварные швы, соединяющие полосы, в результате диффузии углерода размыты и пакетные черты выступают не так отчетливо, как в других ножах, например № 3 и 27 (фото 7, *2, 5*). В ноже № 3 одна из боковых пластин имеет многослойную структуру. В ноже № 11 стальная полоса не выходит на спинку, в чем он близок по схеме к технологии вварки, которая выявлена в экземпляре № 7. Макроструктуры этих ножей представлены на фото 8. В связи с отбором в ноже № 11 двух образцов — с рабочей части лезвия и со стороны спинки — фрагменты снимков стыкуются не совсем удачно. Исследованиями микроструктуры установлено, что стальные полосы отличаются от железных не только содержанием углерода, но и плотностью металла, количеством шлаковых включений. Последних в железных пластинах имеется несоизмеримо больше, чем в стальных, встречаются среди них и крупные включения. Сварные швы качественные. Использование стальных полос при вварке не на всю ширину лезвий не сказывалось отрицательно на эксплуатационных параметрах изделий. В ноже № 19 в месте взятия образца выявлены только две полосы: железная и стальная. Образец со средней части лезвия, возможно, позволил бы установить и в этом предмете трехполосную схему. Классически она выполнена в ноже № 27 (фото 7, *2*).

Технология наварки стального лезвия на железную основу применена в ножах № 6, 8—10, 12—15, 17, 20—23, 26, 29, 31, 32. В экземпляре № 22 наварка произведена на узорчатую основу лезвия, скорее всего, дважды, что хорошо видно на макроструктуре (фото 11, *2*). В некоторых ножах наварены широкие стальные лезвия (№ 8, 12, 15, 29). Во всех случаях наблюдаются качественные сварные швы, соединяющие железо с высокоуглеродистой сталью. Если все трехполосные изделия прошли операцию термообработки, то среди ножей с наваренными лезвиями три предмета не подвергались закалке (№ 13, 14, 17). В ножах № 12 и 29 зафиксирована местная термообработка рабочих частей лезвия. Цементация выявлена только в двух экземплярах (№ 28 и 30), причем во втором применена и термообработка. Нож № 24 сварен из железных и тонких стальных среднеуглеродистых полосок (фото 10, *8*; 27, *3*). Пять ножей цельножелезные, иногда с незначительным содержанием и неравномерным распределением углерода (№ 25). Не исключено, что некоторые из них имели стальные лезвия, а при эксплуатации в результате многократной заточки их утратили.

Ножи из замка в Минске (38 экз.) также разнотипные. 34 из них показаны на рис. 7. Длинные лезвия имеют ножи № 4 и 30. Толстой спинкой выделяется нож № 3. В экземпляре № 6 под слоем ржавчины обнаружена канавка, которая проходит вдоль лезвия у самой спинки.

Следует отметить, что в прежних исследованиях минских материалов были выявлены трехполосные ножи[4]. Автор не встретил ни одного экземпляра, изготовленного по такой технологической схеме. Возможно, замысел кузнеца сделать трехполосное изделие наиболее близок к реализации в ноже № 28, где между многослойными железными пластинами вварена тонкая стальная полоса (фото 8, *6*). Эту полосу труд-

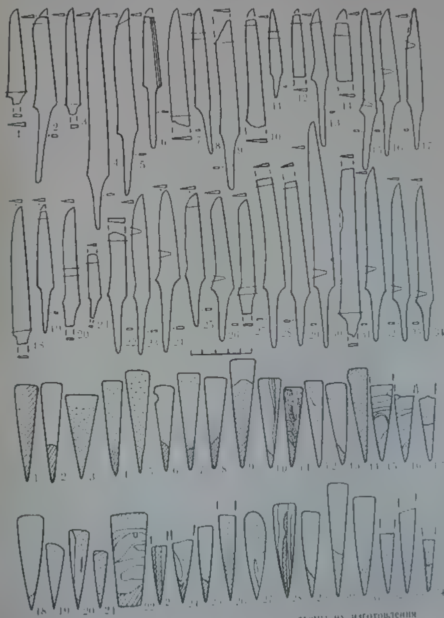


Рис. 7. Ножи из Минска и технологические схемы их изготовления

но было вывести на режущую кромку всего лезвия. Однако после проведения термообработки данная схема, рассчитанная на самозатачивание лезвия в процессе эксплуатации, частично оправдывала свое предназначение. Еще одна неудачная попытка изготовить трехполосное лезвие выявлена в ноже № 23, в котором к центральной пластине ■ одной из сторон приварена не железная, а стальная полоса.

Наиболее распространенной технологией была наварка стальных рабочих частей на железные основы лезвий ножей. Она обнаружена в ходе исследований в 22 ножах. Даже с учетом износа и сточенности лезвий можно сказать, что наваривались стальные полосы различной ширины. Так, в ноже № 9 стальная полоса занимает три четверти ширины лезвия (фото 12, *б*). Широкие стальные полосы наварены в ножах № 2 и 30. В некоторых экземплярах (№ 7, 13, 25) на железные основы лезвий наварены узкие полоски стали (фото 9, *3*; 10, *6*), значительно сточившиеся в процессе эксплуатации. В большинстве случаев для основы лезвий использовано кричное железо с незначительным, иногда неравномерным распределением углерода, множеством включений шлака, неоднородным, ■ нередко и крупным зерном, прошедшее не очень тщательную пластическую обработку. Представление о включениях шлака можно составить, рассмотрев их форму и цветовые данные на фото 13. Балл зернистости приведен в приложении. Мелкозернистая однородная феррито-перлитная структура выявлена только в цельностальном ноже № 5.

Особого внимания заслуживает технологическая схема изготовления ножей № 11, 14, 15, 22. В них также применена технология наварки, но стальные рабочие части соединены с многослойными основами лезвий, сделанными путем сварки полосок металла с различным содержанием углерода. При этом полоски чередуются от спинки к острию лезвия, а в ножах № 11 и 15 приобрели узорчатое строение (фото 11, *3*, *7*). Сварные швы хорошо видны на макроструктуре. Анализ показал, что режущая кромка ножа № 11 была подвержена закалке и имеет мартенситную структуру с микротвердостью 563 кгс/мм². Комбинированное лезвие обеспечивало прочность хрупкой рабочей части. Последняя не на всем протяжении имеет прочное соединение с основой: сварной шов местами низкого качества, встречаются непровары. В ножах № 15 и 16 эти швы высококачественные. Рабочие части лезвий данных экземпляров не подвергались термообработке.

Интересные результаты получены при изучении неоконченного ножа № 22, для изготовления которого использована специально подготовленная заготовка, состоявшая из нескольких полос металла. Две зоны значительно отличаются содержанием углерода, что видно и на макроструктуре (фото 12, *а*). Важно отметить, что стальная полоса находилась с той стороны, которая должна была стать рабочей частью лезвия ножа. Из заготовки кузнец отковал черенок, выступ на спинке и пятку, дальше ковка по какой-то причине не была продолжена. Противоположный черенку конец заготовки сохранил следы рубки зубилом. Основа лезвия представляет собой псевдопакетную заготовку из не менее четырех полос кричного неравномерно науглероженного железа, сваренных между собой и подвергавшихся складыванию и пластической деформации. Несмотря на пакетирование сырья и примененную при этом ковку, в металле основы еще видны крупные недеформированные включения шлака двухфазной структуры: окаймленные черной оторочкой светлые выделения на темно-сером фоне. В стальной наварке также наблюдаются крупные включения шлака и отдельные светлые выделе-

ния (фото 12, *д*). Качество сварного шва, соединяющего стальную полосу с основой, хорошее (фото 12, *г*). Следует отметить, что предмет оказался закаленным. Скорее всего, нагретый полуфабрикат был случайно уронен в воду или на снег. В результате резкого охлаждения металла, нагретого до закалочной температуры, стальная наварка приобрела мартенситную структуру и микротвердость 437 кгс/мм². У самой поверхности спинки науглероженная зона также оказалась способной принять закалку. Здесь появилась крупноигольчатая мартенситная структура (фото 12, *в*).

Металлографическое исследование неоконченного ножа помогает глубже понять кузнечную технику и изучение желательно продолжить, взяв образец для анализа еще в том месте, где лезвие изделия переходит в черенок. Сопоставление структур позволит сделать определенные выводы. Но и полученные результаты демонстрируют последовательность операций соединения стальных и железных полос ■ комбинированных изделиях. Такую информацию трудно получить при изучении готовых предметов, потому что наваренные полосы, сварные соединения в ходе дальнейшей ковки значительно деформируются.

Качество стали наваренных частей не всегда высокое, хотя в большинстве случаев металл лезвий лучше, чем железная основа ножей. В нем мало шлаковых включений, распределение углерода сравнительно равномерное. Однако в ноже № 2 сталь содержит много включений шлака серого цвета. В ноже № 9 наваренное лезвие имеет различные по содержанию углерода зоны. Выявлены и случаи неумелого использования технологии наварки. Так, в ножах № 10, 18, 31 на железные основы лезвий наварены полосы низкоуглеродистой стали, которая не смогла бы принять закалку даже в случае ее применения. ■ ноже № 17 низкоуглеродистая полоса наварена на основу с более высоким содержанием углерода (фото 22, *в*). В экземпляре № 34 наварка произведена на многослойную основу, ■ которой слои расположены по направлению от спинки к острию лезвия. Рабочая часть закалена на троостит микротвердостью 464 кгс/мм². Почти 70% ножей, имеющих наваренные лезвия, прошли термическую обработку, при которой преобладала закалка ■ отпуском. В экземпляре № 9 применена местная закалка.

Признаки цементации лезвий имеются в ножах № 1, 3, 4, 26, 32, 33. В большинстве экземпляров насыщение металла углеродом проводилось с одной стороны лезвия, что иногда называется односторонней цементацией. Причем в ножах № 4 и 33 закалены только рабочие части лезвий. Нож № 3 после химико-термической обработки закалке не подвергался. В экземпляре № 19, в котором высокоуглеродистые зоны наблюдаются не только у режущей кромки, но ■ ближе к спинке (фото 10, *7*), скорее всего удачно использовано первичное науглероживание, происшедшее при восстановлении металла из руды в сыродутной печи.

Ножи № 12 и 27 цельножелезные с небольшим содержанием ■ неравномерным распределением углерода в металле, которое местами приобрело полосчатую структуру (фото 10, *3*, *4*).

В целом уровень металлообработки, выявленный при исследовании ножей из Минска, относительно высокий. Судя по экземпляру, в котором обнаружена наварка стали на узорчатую основу, но процесс изготовления не завершен, можно считать, что сделанные аналогичным способом другие изделия изготовлены местными кузнецами.

Ножи из археологических памятников Заславля (городища Вал и Замэчак) представлены 16 экземплярами. Большинство из них фраг-

3 Зак. 182

ментировано. Как показал металлографический анализ, ножи в основном изготовлены по технологическим схемам, сочетающим железо со сталью. Здесь в первую очередь следует описать трехполосные пакетные ножи № 1, 3, 9, 14, 15 (рис. 8), в которых к центральной стальной приварены боковые железные полосы. В первом из них все элементы схемы хорошо продуманы и реализованы кузнецом, в результате чего получилось качественное изделие. Средняя рабочая полоса имеет оптимальную толщину. Сварные соединения выполнены квалифицированно. В ноже № 3 одна из боковых полос очень тонкая, другая — содержит слой неравно-

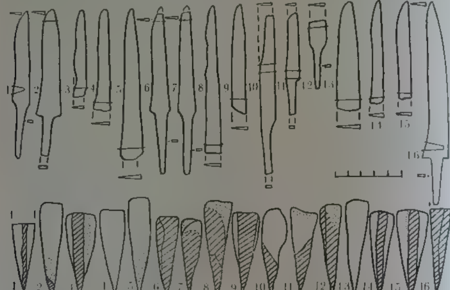


Рис. 8. Ножи из Заславля и технологические схемы их изготовления: № 14—15 — из городища Замэчек, остальные — из городища Вал

мерно науглероженного металла. Сварные швы видны благодаря цепочкам мелких включений окалины или флюсов, оставшихся в них в процессе кузнечной сварки. Включения шлака в стальной пластине мелкие, вытянутые. Они не влияют на качество рабочей части изделия.

Толстая стальная полоса использована кузнецом при изготовлении ножа № 9. Боковые железные пластины тонкие. Не исключено, что они частично разрушены коррозией. По расположению бронзовых пластинок, которыми инкрустирована массивная спинка ножа, можно судить, что одна из боковых полос была вначале гораздо толще, чем сохранилась теперь. Несмотря на то что сварные швы особенно не выделяются на фоне шлифа, граница стальной и железных полос прослеживается хорошо. Шлаковых включений в металле мало. В ноже № 14 стальная полоса заключена между грубозернистыми железными пластинами, в которых есть зоны с мелким зерном. В рабочей зоне она обладает невысокой твердостью и имеет сорбитную структуру, сменяющуюся ближе к спинке феррито-перлитной структурой. В результате диффузии углерода швы местами прослеживаются слабо, хотя на макроструктуре они четкие. Нож № 15 сделан по трехполосной схеме. Необходимо отметить, что при его изготовлении кузнец не стремился к симметричному расположению полос и использовал разные по толщине железные пла-

стины. Однако не исключено неравномерное стачивание боковых пластин при заточке ножа. В результате термообработки, которой подверглись все пакетные ножи из Заславля, в данном экземпляре наблюдается мартенсито-трооститная структура. Макроснимки трехполосных ножей представлены на фото 7, *10—12*.

Технология наварки стальных лезвий на железные основы выявлена в ножах № 2, 10 и 11. Широкие полосы, занимающие половину лезвия, соединены с железными в последних двух экземплярах. Сварные швы проходят наискось от одного края шлифа к другому и отчетливо видны на макроструктуре (фото 9, *4, 6*). Железо содержит много крупных включений шлака серой окраски. Сталь в значительной мере свободна от них. Термообработка готовых изделий проведена умело, и стальные рабочие части лезвий приобрели мартенсито-трооститные структуры. В ноже № 2, закаленном на мартенсит отпуска, наблюдается диффузия углерода из стали в железо. Возможно, технология наварки применена и в ноже № 8, но выполнена она с использованием для основы лезвия неравномерно науглероженного металла, отдельные зоны которого после термообработки изделия оказались закаленными.

Сталь, иногда неоднородная по содержанию углерода, была исходным металлом для ножей № 6, 7, 12, 16. При изготовлении их лезвий в некоторых случаях применена сварка двух полос аналогичной структуры. Все названные экземпляры прошли термическую обработку. Попытка провести цементацию рабочей части лезвия выявлена в ноже № 5. Однако химико-термическая обработка в данном случае далека от совершенства. Два ножа (№ 4 и 13) цельножелезные. Об изготовлении этих предметов по самой примитивной технологии можно говорить в том случае, если не утрачены их рабочие части.

Население городищ Вал и Замэчек пользовалось в своей трудовой деятельности на протяжении исследуемого периода качественными и совершенными в технологическом отношении орудиями труда.

Представленные на рис. 9 и 10 ножи с селища на р. Менке сохранились преимущественно во фрагментарном виде. Исследовано 47 экземпляров. При подготовке образцов представляли интерес с точки зрения технологии изготовления ножи с толстой спинкой. В первом из них, кроме того, длинный черенок. Макро- и микроструктурный анализ обнаружил трехполосные схемы в ножах № 1, 10, 14, 39—41. В экземпляре № 1 боковые пластины имеют структуру железа с неравномерным распределением углерода. Одна из них содержит много серых включений шлака, в том числе и крупных размеров. Сварные швы, соединяющие стальную полосу с железными, наблюдаются в виде светлых полосок. Качество сварки хорошее. После завершения основных операций нож был термообработан.

В ноже № 10 средняя стальная полоса сварена из двух пластин. Как показали исследования на микроанализаторе, эти пластины отличаются между собой не только характером распределения углерода (в одной из них у спинки мало углерода), но и содержанием никеля, который в повышенной концентрации обнаружен в одной пластине. Сварной шов, соединяющий пластины средней полосы, невысокого качества, местами наблюдается непровар, скопление включений. Сварные швы на границе стальной полосы с железными высококачественные. Одна из железных полос состоит из двух кусков металла, сваренных внахлестку между собой, что хорошо видно на макроструктуре (фото 7, *9*). Готовый нож прошел закалку. Ее приняла средняя стальная полоса в местах с высокой концентрацией углерода, а именно в рабочей части лез-

вия. Можно считать, что это произошло не случайно: кузнец хорошо разбирался в использованной заготовке.

Нож № 14 также изготовлен в виде трехполосного пакета (фото 7, 8). Стальная полоса в отличие от железных имеет мало шлаковых включений. Она закалена на сорбит, но изобилует небольшими феррито-перлитными зонами, сконцентрированными в области спинки. Сварные швы качественные, но в виде светлых полосок не наблюдаются. Боковые железные пластины обладают неоднородной зернистостью. Удачно изготовлены по трехполосной схеме и ножи № 39—41 (фото 8, *1—3*). Причем в экземплярах № 40 и 41 использованы тонкие стальные пла-

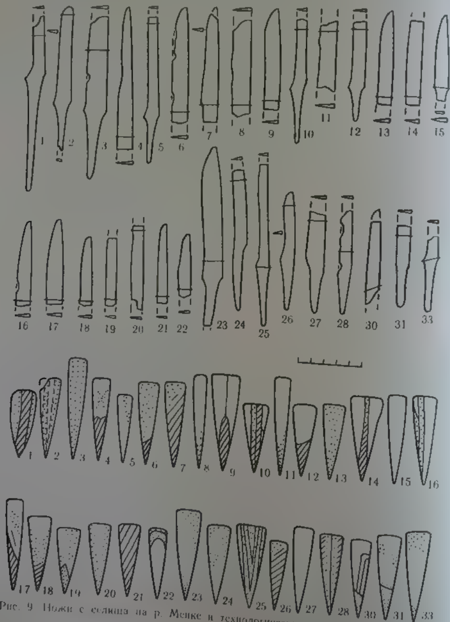


Рис. 9. Ножи с селища на р. Менке и технологические схемы их изготовления

стины. Сварные швы качественные. Боковые железные полосы содержат небольшое количество углерода, который распределен в металле неравномерно. В этих полосах много шлаковых включений, неоднородная зернистость феррита. После проведенной термической обработки стальные полосы ножей приобрели оптимальную для данной категории инструмента твердость. Микрозондовым анализом выявлена повышенная концентрация никеля в сварных швах ножа № 39.

Технология изготовления ножа № 9 отличается от трехполосных только тем, что в нем стальная полоса вварена не на всю ширину лез-

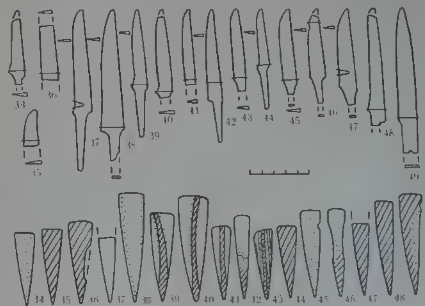


Рис. 10. Ножи с селища на р. Менке (окончание)

вия, а наполовину (фото 8, 5). Некоторые исследователи считают такую схему переходной от трехполосного пакета к способу наварки стального лезвия на железную основу[5]. По мнению Б. А. Колчина, упрощение технологии ножевники предприняли с целью обеспечить массовый выпуск своей продукции[6]. Осуществленная «рационализация» привела к ухудшению эксплуатационных качеств изделий, потому что по мере стачивания лезвий на режущей кромке оказывался мягкий металл. В данном экземпляре схема вварки проведена качественно, хотя сварной шов у спинки имеет небольшое расслоение. Боковые железные пластины содержат немного углерода, который распределен в металле неравномерно. Готовый предмет подвергался термообработке — закалке с отпуском. Рабочая стальная полоса имеет микротвердость 464 кгс/мм². Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ не выявил значительной разницы в содержании примесных химических элементов в стальной и железных полосах. Подобие вварки наблюдается в ноже № 19. Однако в этом экземпляре не видно шва в сторону спинки. Стальная полоса под острым углом помещена в основу. Углерод в лезвии имеет неравномерное распределение: насыщенные им участки чередуются с малоуглеродистыми.

Схемы торцевой и косой наварки стальной рабочей части на желез-

ную основу лезвия обнаружены в ножах № 4, 6, 12, 17, 30, 31, 42. В экземпляре № 4 вид сварного шва приобрел волнистый характер (фото 9, *11*; 23, *д*). Диффузия углерода со стальных частей в железные незначительна. Сварные швы в большинстве случаев четко видны и на макро- и на микроструктуре (фото 9, *13*; 23, *е*). Качество стали всегда значительно выше, чем железа. В железных частях комбинированных ножей наблюдаются неоднородная зернистость, загрязненность шлаковыми включениями серой окраски (фото 14, *ж*). Нередко встречается неравномерное распределение углерода в металле (фото 18, *е*). Последнее в некоторых случаях характерно и для стальных лезвий. Кроме ножей № 30 и 31, готовые изделия подвергались термообработке и сохранили структуры мягкой закалки или закалки с отпуском. В ноже № 42 проведена местная закалка наваренной стальной полосы.

Цементация применена в ножах № 18, 20, 38, 46. За исключением экземпляра № 38, в котором насыщение металла углеродом происходило в основном с одной стороны лезвия, цементации подвергались рабочие части лезвий. В ножах № 18 и 46 химико-термическая обработка завершалась охлаждением в мягких средах.

Цельностальные ножи № 3, 7, 21, 26, 35, 36, 44, 47, 48 изготовлены из металла с различным содержанием углерода (0,3—0,8%) и нередко неравномерным его распределением. Экземпляр № 3 откован из высокоуглеродистой стали. Местами в металле наблюдается цементитная сетка (фото 17, *е*). В экземплярах № 7 и 26 в области спинки углерода мало. После проведенной термообработки эти зоны не приобрели структур закалки. Подобное явление наблюдается и в ноже № 49, в котором низкоуглеродистая зона имеется с одной стороны лезвия. В большинстве случаев стальные ножи проходили термообработку.

Из многослойного металла сделаны ножи № 2, 16, 25 и 43. В первом из них сварные швы наблюдаются нечетко, в последнем центральная полоса прошла термообработку. Она выделяется среди других полос не только повышенным содержанием углерода, но и никеля. Нож № 28 сварен из двух полос неравномерно науглероженного металла, затем прошел термообработку. Десять ножей (№ 5, 13, 15, 23, 24, 27, 33, 34, 37 и 45) откованы из кричного железа с низким содержанием и неравномерным распределением углерода без дополнительных технологических приемов, способных улучшить эксплуатационные параметры кузнечной продукции. В экземпляре № 22 стальная пластина полосчатой структуры наварена не на рабочую часть, а на спинку изделия, что можно считать производственным браком.

Из материалов городища на р. Менке исследованы три ножа. Два из них имеют многослойную структуру как результат использования заготовок, обработанных по способу пакетирования сырья, в третьем применена локальная цементация рабочей части лезвия. Все экземпляры подвергались термообработке. Небольшое количество исследованных ножей из городища не позволяет сделать сравнительный анализ с материалами селища.

Ножи из городища в Лукомле представлены 47 экземплярами. Разнотипность кузнечной продукции этой категории очевидна (рис. 11, 12). Наряду с крупными экземплярами имеются ножи средних и малых размеров. Разнообразен переход от лезвия к черенку. Как и в экземпляре из Минска, в ноже № 28 имеется продольная канавка, проходящая у самой спинки. О длительном пользовании свидетельствует большая сточенность лезвий в ножах № 12, 24 и др. Черенок ножа № 38 выполнен способом кручения и имеет почти круглое сечение. Встречаются экземпляры с толстой спинкой, а также с очень широким лезвием. Внешний облик фрагмента ножа № 36 свидетельствует о его принадлежности к позднему периоду.

Результаты макро- и микроанализа заставили обратить внимание на некоторые специфические кузнечные приемы, использованные при изготовлении ножей из городища в Лукомле. Известно, что в XII—XIII вв. широко применялась технология наварки. Однако кроме обычной при этом зоны сварки (№ 4, 5, 10, 12, 18, 19, 26, 30, 32, 33, 37—40) наблюдается особая конфигурация сварных соединений. В них шов в поперечном

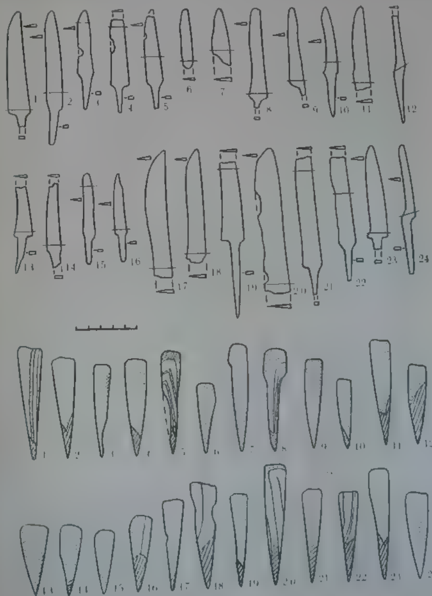


Рис. 11. Ножи из городища в Лукомле и технологические схемы их изготовления

сечении приобрел вид угла с вершиной, обращенной к режущей кромке. Такие соединения выявлены в ножах № 2, 11, 23 и 25 (фото 24, *в*). Возможно, отмеченный способ соединения стали с железом в изделиях комбинированной схемы является характерной особенностью продукции отдельных ремесленных центров.

В ножах с наваренными лезвиями встречаются экземпляры, в которых основа имеет псевдопакетную многослойную структуру (№ 1, 5, 22, 25, 47). Причем в ноже № 5 слои у спинки были подвергнуты деформации, что привело к изгибанию полос (фото 11, 5). Деформированные полосы выступают и в ноже № 43.

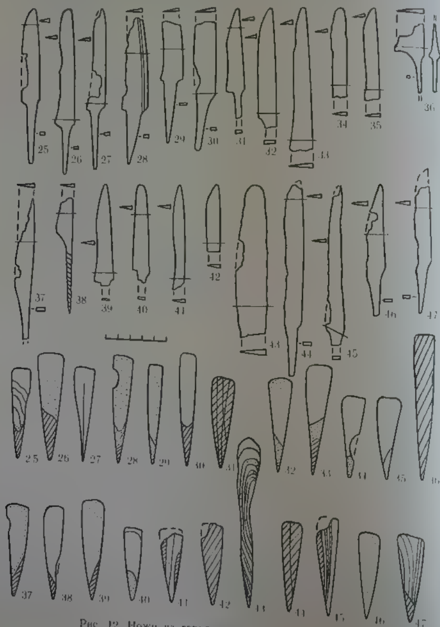


Рис. 12. Ножи из городища в Лукомле (окончание)

Цельностальные изделия немногочисленны. Четыре из них термообработаны (№ 31, 36, 42, 44). На металлографических шлифах двух из них (№ 31, 44) видны сварные швы, свидетельствующие об изготовлении предметов из стальной псевдопакетной заготовки. В ноже № 31 просматриваются четыре деформированных слоя (фото 27, *д*). Он закален на мартенсит. В ноже № 44 видны два слоя с закалкой на мартенсит и троостит.

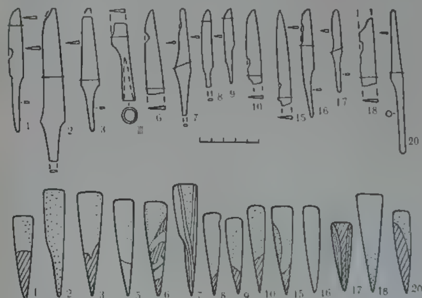


Рис. 13. Ножи и селища в Лукомле и технологические схемы их изготовления

Значительное количество ножей из городища в Лукомле отковано из
железа с неравномерным распределением углерода (№ 3, 6, 9, 14, 15, 24,
46). В экземплярах № 3 и 24 в средней части лезвия и в области спинки
есть науглероженные участки, которые после термообработки изделий
приняли структуры закалки. Эти науглероженные участки не имеют
технологического обоснования. Их можно расценивать как свидетельст-
во попытки кузнеца провести термообработку изделий, которые из-за
низкого в целом содержания углерода в металле были неспособны ее
принять[7].

Нож № 27 изготовлен из низкоуглеродистой заготовки путем скла-
дывания ее пополам и сварки. В ноже № 20 одна из полос имеет описан-
ный элемент технологии. В экземпляре № 7 наблюдается подобие це-
ментации: углерод содержится только в рабочей части лезвия. В ножах
№ 29, 32 и 35 на малоуглеродистые основы наварены аналогичные рабо-
чие части.

Ножи с селища в Лукомле (рис. 13) имеют схожие внешние черты с
аналогичными предметами из городища. Из них один экземпляр сделан
своеобразно: вместо обычного черенка в нем рукоятью служит втулка
(№ 5). Вытянутый круглого сечения черенок отмечен в ноже № 20.

В большинстве ножи малых размеров, хотя есть и крупные экземпляры.

Самая высокая технологическая схема обнаружена в маленьком ноже № 17. Он изготовлен по принципу трехполосного пакета, в котором средняя стальная полоса выходит на режущую кромку. Боковые пластины многослойные (фото 7, *7*). Сварные швы, соединяющие сталь с железом, высокого качества. С одной стороны шов четко просматривается в виде светлой полоски на всем протяжении поперечного сечения. Швы в одной из боковых пластин имеют строчечный вид, вызванный скорее всего небольшими вытянутыми включениями шлака. Исследования на микроанализаторе показали, что средняя стальная полоса отличается от боковых повышенным содержанием марганца (до 0,32%).

В ноже № 6 с наваренной стальной рабочей частью железные и стальные полосы после сварки были, по-видимому, подвержены скручиванию и ковке, в результате чего и получился своеобразный узор (фото 11, *4*). Рабочая часть лезвия закалена на мартенсит и троостит. Сварные швы в результате диффузии углерода со стальных участков в железные прослеживаются слабо. Трудно также определить наличие сварного шва в ноже № 1, хотя углеродсодержащая рабочая часть в нем резко отличается от спинки, что не характерно для вида структуры, если бы лезвие было цементовано. Однако не исключено применение этого вида химико-термической обработки.

Подобие цементации наблюдается в ноже № 18. В нем углерод имеется только в зоне режущей кромки. Несколько экземпляров (№ 3, 5, 8—15, 20) изготовлено способом наварки. Причем в ноже № 5 кузнец по ошибке на железную основу наварил железное лезвие. Низкая квалификация кузнеца определяется не только этим. Сварной шов некачественный. На шлифе невооруженным глазом виден непровар, который позже превратился в очаг разрушительного действия коррозии.

В ноже № 7 имеется псевдопакетная структура. Можно насчитать около пяти слоев со стальной низкоуглеродистой вставкой со стороны спинки и на рабочей части лезвия.

Следует отметить, что в кузнечной продукции с селища в Лукомле исходное сырье — неравномерно науглероженное железо. Сталь использовалась в основном для наваривания лезвий, а затем проходила операции термической обработки для получения качественных изделий.

Таким образом, состояние металлообработки и кузнечной техники, судя по качеству и технологическим особенностям ножей из городища и селища в Лукомле, было аналогичным. Вероятно, универсальный инструмент для жителей городища и селища изготовляли одни и те же кузнецы. На обоих памятниках найдены не только высококачественные комбинированные железно-стальные изделия, но и производственный брак. Случайностью можно объяснить отсутствие трехполосных ножей в коллекции из городища, потому что на селище такие изделия бытовали.

Самую крупную исследованную коллекцию ножей (126 экземпляров) представляют кузнечные изделия одной категории из городища Масковичи. Среди них разнообразие типов (рис. 14—18). Наиболее широкое распространение имели ножи с прямой или слегка изогнутой спинкой. Встречаются экземпляры с горбатой спинкой. Некоторые ножи изготовлены с канавками на лезвии (№ 133, 135, 159, 160), экземпляр № 209 имеет орнаментированную спинку. Хотя о стандартизации кузнечной продукции не может быть речи, однако очевидна типологическая близость отдельных групп ножей. По мнению автора раскопок, основная масса продукции изготовлена местными мастерами[8]. Ножи со специ-

альными рельефными выступами на спинке найдены и на других памятниках Полоцкой земли[9].

Наиболее широко при изготовлении ножей практиковалась технология наварки стальных лезвий на железные основы предметов. По такой схеме производилось около 50% (64 экземпляра) универсальных инструментов. В подавляющем большинстве использовался способ торцевой наварки (фото 9, *8—10*), хотя в некоторых ножах сварные соединения можно интерпретировать как косую наварку. Необходимо отметить, что в зависимости от дальнейшей пластической обработки заготовки после

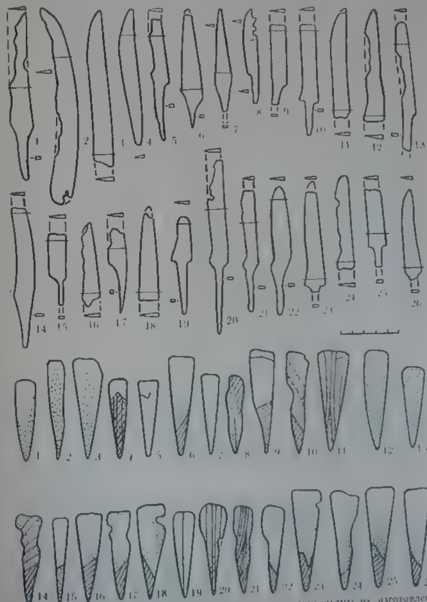


Рис. 14. Ножи из городища Масковичи и технологические схемы их изготовления

наварки стальной полосы на железную основу торцовое соединение может приобрести вид косой наварки, как это наблюдается в ноже № 14 (фото 10, 2), хотя в данном случае косое соединение рабочей части с основой кажется бесспорным.

Среди ножей из городища Масковичи есть экземпляры (№ 23, 47, 125), в которых, подобно некоторым ножам из лукомльского городища, сварные соединения на поперечных сечениях лезвий имеют вид уголка с вершиной, обращенной к режущей кромке (фото 24, *д*). Возможно, такая конфигурация сварных швов получается случайно в ходе пласти-

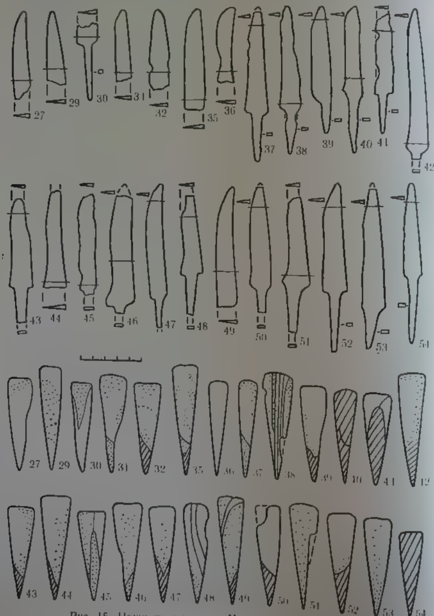


Рис. 15. Ножи из городища Масковичи (продолжение)

ческой деформации железно-стальной заготовки при вытяжке лезвия и придания ему клиновидной формы. Однако не исключено, что в этом находит отражение манера ковки конкретного мастера при изготовлении комбинированных изделий.

Стальные наваренные рабочие части в ножах № 4, 61, 149 и 166 занимают две трети ширины лезвия. В первом экземпляре сталь имеет многослойную структуру и прошла термообработку. В остальных ножах применена местная закалка стальных лезвий. В ноже № 14 своеобраз-

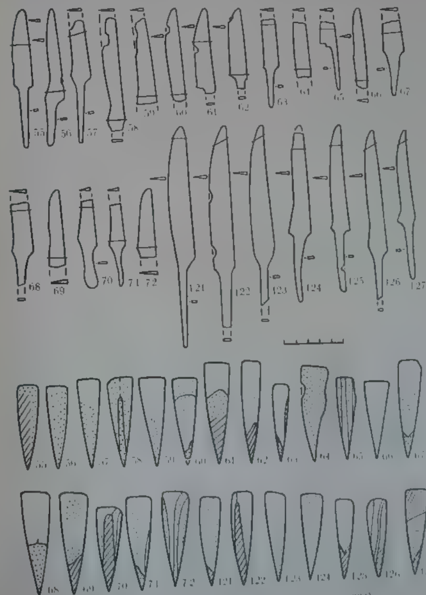


Рис. 16. Ножи из городища Масковичи (продолжение)

ная технология. В нем кузнец сделал основу из чередующихся между собой от режущей кромки к спинке полос железа и стали. Рабочая часть лезвия термообработана на сорбит. Обычные многослойные заготовки использованы для основы лезвий в ножах № 21, 152, 153. Встречаются псевдопакетные лезвия без наваренных стальных частей (№ 11, 20, 38, 65 и др.).

По трехполосной пакетной схеме изготовлен только нож № 70. При этом его макроструктура не имеет классического вида: средняя стальная полоса не выходит на спинку изделия. Это, конечно, не влияло на

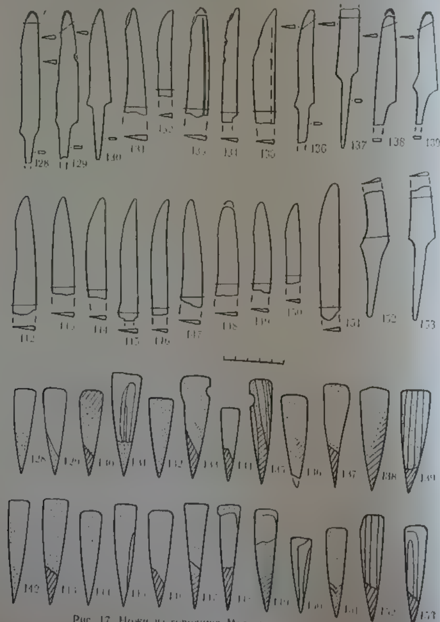


Рис. 17. Ножи из городища Масковичи (продолжение)

качество предмета, но отмеченный технологический прием близок к схеме вваривания стальной полосы между двумя железными пластинами. Следует отметить, что типологически нож № 70 отличается от большинства трехполосных экземпляров. Готовый предмет был термообработан. Стальная полоса закалена на мартенсит с последующим отпуском. Сварные швы в основном качественные, но в зоне спинки есть непровар. Зернистость феррита в железных полосах неоднородна. Раз-

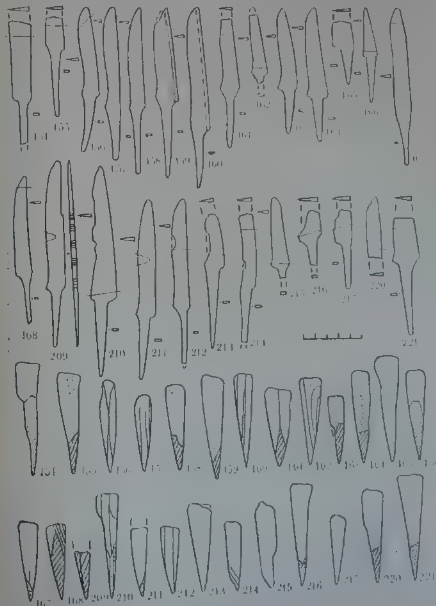


Рис. 18. Ножи из городища Масковичи (окончание)

меры кристаллитов в пределах 5—8 баллов. Структура ножа в области спинки показана на фото 21, *з*.

Подобие трехполосной схемы обнаружено в ножах № 72 и 212. Однако средние полосы в этих экземплярах низкоуглеродистые и не способны принять закалку даже в случае ее применения. В первом предмете твердость средней полосы ниже, чем боковых, зерно же более мелкое. Как в стальной, так и в железных грубозернистых пластинах много включений шлака. В металле второго предмета шлаковых включений меньше, но распределение углерода в стальной полосе неравномерное.

Вварка стальных рабочих частей в железные основы ножей не нашла широкого применения. Эта схема использована в экземплярах № 122, 161, 168 (фото 21, *г*, *е*). Во всех случаях сталь подвергалась термической обработке. Как и в ноже № 41, стальные полосы толстые и вварены так, что на эффект самоподзатачивания рассчитывать было невозможно. В ножах № 45 и 58 по ошибке кузнец вварил между железными пластинами низкоуглеродистые полосы, которые подвергать термообработке было бесполезно (фото 21, *д*). Операции сварки выполнены качественно. В некоторых предметах боковые полосы сварены из нескольких полосок железа. В ноже № 30 в железное лезвие вварена стальная спинка.

В период широкого применения при изготовлении орудий труда схемы наварки стальных лезвий на железные основы изделий практически отпадала необходимость в химико-термической обработке кузнечной продукции[10]. Этот вид металлообработки использовался в основном для приготовления цементованной стали, которая шла на рабочие части предметов. Подобие цементации готовых изделий выявлено в ножах № 1, 3, 13, 42, 53, 123, 128, 132, 138. Во всех случаях она имеет локальный характер: углеродом насыщалась рабочая часть или одна сторона лезвия. Закалке подвержены только экземпляры № 42 и 138.

Цельностальных ножей обнаружено очень мало (№ 40, 54 и 55). В последнем в области спинки углерод распределен неравномерно. Из низкоуглеродистого металла с аналогичным распределением углерода изготовлены ножи № 2, 5, 7, 12, 27, 29, 36, 56, 57, 64, 66, 124, 142, 144, 165, 213, 217. В некоторых из них (№ 2, 56) имеются высокоуглеродистые зоны, иногда наблюдается видманштеттова структура (№ 144). Нередки в древнем металле и полосчатые феррито-перлитные структуры. Хотя наиболее часто шлаковые включения имеют серую окраску, но встречаются и двухфазные, как, например, в ноже № 67 (фото 13, *е*).

Трудно объяснимой является технология изготовления ножей с наваренной стальной спинкой. Она выявлена в экземплярах № 9, 60 и 148 (фото 9, *9*). В двух из них стальные рабочие части не термообработаны. Вообще процент ножей, в которых стальные лезвия не подвергались закалке или не смогли бы ее принять, на городище Масковичи довольно высок — свыше 29. В ходе термообработки практиковалось как охлаждение в мягких средах, так и операция отпуска. Сварные соединения в большинстве случаев качественные. Швы часто хорошо видны под микроскопом (фото 22, *ж*, *з*), несмотря на наблюдающуюся в некоторых экземплярах диффузию углерода из стали в железо. Можно заключить, что при проведении сварки мастера использовали флюсы. Их микровключения иногда можно видеть и в сварных швах (фото 23, *з*).

Есть основания полагать, что кузнецы не всегда квалифицированно разбирались в исходном металле. Подтверждением тому является свыше одного процента ножей, изготовленных из железа без дополнитель-

ных операций, а также использование для наварки лезвий низкоуглеродистой стали.

В ноже № 60 выявлена неизвестная нам структура (фото 32, з). Она наблюдается в виде штрихов на фоне феррита (?).

Из найденных во время раскопок на городище в Копыси ножей исследовано 9 экземпляров (рис. 19, *1—9*). Типологические признаки показывают, что они относятся преимущественно к XII—XIII вв.[11] С такой датировкой согласуются результаты микроструктурного исследова-

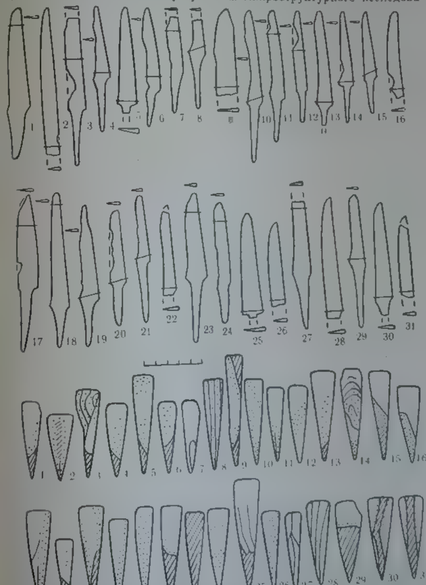


Рис. 19. Ножи из Копыси (1—9), Логойска (10—16), Старо-Борисова (17—22), Орши (23—26), Лужесна (27, 28), Постав (29), Лесной (30, 31) и технологические схемы их изготовления

ния. В ходе анализа выявлено по одному экземпляру с многослойным псевдопакетным лезвием и неравномерным распределением углерода. Остальные ножи изготовлены по схеме наварки стальной рабочей части на железную неравномерно науглероженную основу лезвия (фото 9, 7). Высококачественная сталь, закаленная на мартенсит, наблюдается в зоне режущей кромки ножа № 1. Железная основа характеризуется неоднородной зернистостью и включениями шлака. В сварной зоне имеется диффузия углерода из стали в железо. Хорошая сталь наварена и в ножах № 3—6. Этого нельзя сказать о железных основах лезвий, где углерод распределен неравномерно, есть крупные шлаковые включения (фото 18, *д*). Сварные соединения выполнены хорошо, швы наблюдаются в виде светлых плохо травящихся полос (фото 25, *е*). Только в ноже № 7 наварено вместо стального железное лезвие. Сварка проведена небрежно, шов содержит множество включений.

В экземпляре № 9 приварена способом косой наварки не только режущая часть, но и спинка, затем проведена закалка на мартенсит с отпуском. Термообработку прошли также все ножи со стальными рабочими частями. Даже в ноже № 2 в средней зоне обнаружена структура закалки (фото 30, *е*), хотя целесообразность ее технологически не обоснована. Несмотря на термообработку, режущая кромка в данном экземпляре из-за низкого содержания углерода осталась мягкой, а качество изделия невысоким.

Ножи из городища в Логойске показаны также на рис. 19, *10—16*. Схема наварки стальных лезвий на железную основу выявлена в экземплярах № 13, 15 и 16 (в приложении анализы № 4, 6, 7). Если в первом из них наварена узкая стальная полоса, то во втором она занимает почти три четверти ширины лезвия, в третьем ноже сварное соединение можно расценивать как косую наварку. Швы выполнены качественно. Термическая обработка применена в двух ножах (№ 13 и 15), причем в последнем из них закалке сопутствовал отпуск. Нож № 16 термическую обработку не проходил. Остальные экземпляры изготовлены из кричного железа с невысоким содержанием и неравномерным распределением углерода. Аналогичный металл использован и для основы лезвий комбинированных ножей (фото 15, *д*). Расположение науглероженных зон в рабочих частях предметов позволяет допустить, что в трех предметах проведена локальная химико-термическая обработка без последующей закалки. В экземпляре № 14 из-за неравномерного науглероживания и возможной сварки нескольких полос металла структура приобрела полосчатый вид (фото 19, *в*). Такая зона расположена в средней части лезвия. Деформация полос произошла в процессе ковки. Зернистость в железе неоднородная, нередко наблюдается крупное зерно 1—2 баллов.

Шесть ножей из городища в Старо-Борисове (рис. 19, *17—22*) сделаны по двум технологическим схемам. Три экземпляра (№ 18, 19, 22) имеют наваренные на железную основу стальные закаленные рабочие части, причем в одном из них применен способ косой наварки. Два ножа (№ 17, 20) прошли химико-термическую обработку, приведшую к односторонней цементации лезвий. Только один нож изготовлен из неравномерно науглероженной стали без дополнительных технологических операций. В данном экземпляре употреблена сырцовая сталь. Малоуглеродистые участки встречаются в основах лезвий комбинированных изделий (фото 15, *е*). Цементованные зоны имеют плавный по концентрации углерода переход к участкам ферритной структуры (фото 16, *г*). Сварное соединение рабочей части с основой лезвия хорошо видно в ноже № 22

(№ 6 в приложении), несмотря на значительную диффузию углерода из стали в железо, по причине слабого травления шва ниталем (фото 25, *в*). Качественные сварные швы наблюдаются и в других комбинированных ножах.

Из городища в Орше исследованы четыре ножа (рис. 19, *23—26*). Первый из них изготовлен в использованием стальной заготовки, в которой имеются низкоуглеродистые зоны, с последующей термической обработкой изделия. Качественная наварка стального лезвия на железную основу с закалкой на троостит выявлена только в одном предмете (№ 25). В других случаях кузнец употребил кричное железо с неравномерным распределением углерода. Его концентрация в поверхностных зонах может расцениваться как локальная цементация (фото 29, *б*). В комбинированном железно-стальном ноже сварной шов, несмотря на диффузионные процессы, прослеживается хорошо. Основа лезвия — кричное железо с крупным зерном, на фоне которого встречаются участки более мелких кристаллитов (№ 6), много различных по размерам и конфигурации включений шлака. Включения в стали мелкие и значительно не влияют на качество рабочей части лезвия.

Два ножа из городища у д. Лужесно Витебского р-на (рис. 19, *27, 28*) сделаны из малоуглеродистых заготовок, обработанных способом пакетирования исходного сырья. Этот способ включает операции ковки, складывания и сварки металла. Под микроскопом прослеживаются отдельные слои как с аккуратной укладкой, так и в беспорядочном виде. Уровень кузнечного мастерства здесь невысок, но исследование железных находок из данного памятника представляет интерес для познания технологии металлообработки в период, предшествовавший образованию древнерусского государства. Предметы датируются VIII в.[12]

Нож из г. Поставы (рис. 19, *29*) изготовлен по классической технологии наварки стального лезвия торцовым способом (фото 9, *1*). Сталь составляет большую часть ширины лезвия. Несмотря на диффузию углерода из стали в железо, сварной шов виден и на макроструктуре. Сталь более качественная, чем железо, в котором неоднородная зернистость, много включений шлака, в том числе крупных, тем не менее оно пригодно для предназначенной цели. Рабочая часть лезвия термообработана на мартенсит и троостит микротвердостью 419 кгс/мм².

Оба ножа из курганов у д. Лесная Миорского р-на (рис. 19, *30, 31*) сделаны по технологии трехполосного пакета с закалкой стальной полосы. В одном экземпляре по ходу пластической обработки полуфабриката и вытяжки лезвия средняя полоса была значительно деформирована. В результате нагревов перед ковкой и термообработкой произошла диффузия углерода из стальной в боковые железные полосы. Однако сварные швы не размыты и хорошо наблюдаются под микроскопом. Железные пластины имеют характерные черты кричного металла. Можно предположить, что для средних полос использована цементованная сталь, получившая при термообработке структуры мартенсита отпуска.

Нож № 1 из городища Ратюнки имеет толстую спинку, вытянутый черенок и по этим параметрам выделяется среди восьми экземпляров данной категории кузнечной продукции (рис. 20, *1—8*). Металлографическое исследование этого ножа обнаружило классическую трехполосную пакетную схему (фото 8, *4*). В результате термообработки изделия средняя стальная пластина приобрела мартенсито-трооститную структуру и, выходя на режущую кромку предмета, обеспечивала ему высокие эксплуатационные качества. Несмотря на диффузию углерода из центральной полосы в боковые, сварные швы почти на всем протяжении

видны на микроструктуре в виде слабо протравившихся полосок. Боковые пластины различны по содержанию углерода. Одна из них имеет в основном ферритную, другая — феррито-перлитную структуру [redacted] признаками некоторой полосчатости. Зернистость железа неоднородная. Исследование данного предмета на микрозонде показало примерно одинаковую концентрацию примесных химических элементов во всех слоях пакета.

Ножи № 2, 6 и 7 выполнены из заготовки, полученной путем пакетирования исходного металла. В одном случае на основании процентного

Рис. 20. Ножи из городища Ратюнки (1—8), курганов у д. Глинище (9), Плусы (10—12), Дворище (13) и технологические схемы их изготовления

содержания углерода речь может идти об использовании стальной заготовки, в то время как в других экземплярах употреблен металл с незначительным наличием и неравномерным распределением углерода. Сварные швы, образовавшиеся [redacted] результате псевдопакетирования, местами наблюдаются в виде «строчек». Отмечается неоднородная зернистость феррита.

Нож № 4 изготовлен по схеме наварки стальной рабочей части на железную основу лезвия. Ширина наварной пластины около 5 мм. Судя по сохранности лезвия, она была незначительно сточена в процессе эксплуатации предмета. Металл качественный, после закалки приобрел равномерную мартенситную структуру. Основа лезвия имеет ферритную структуру с большим количеством шлаковых включений. Лишь у сварного шва, который хорошо наблюдается на микрошлифе, по причине диффузии отмечена постепенно убывающая концентрация углерода.

Стальную мелкозернистую структуру микроскопическое исследова-

ние выявило в ноже № 5. Высокая концентрация углерода [redacted] рабочей части постепенно уменьшается по направлению к спинке. В данном экземпляре кузнец применил химико-термическую обработку рабочей части лезвия с последующим охлаждением для получения закаленной режущей кромки. Массовое использование древними мастерами металла с неравномерным содержанием углерода (именно таким чаще всего [redacted] было железо, получаемое в сыродутных печах) в значительной степени осложняет установление факта цементации железных изделий[13].

Экземпляры № 3 и 8 сделаны по самой примитивной технологии. В металле неоднородная ферритная структура микротвердостью 142—182 кгс/мм^2 с множеством шлаковых включений. Кроме операций ковки, в этих предметах не использованы технологические приемы, которыми располагало кузнечное ремесло в исследуемый период и обеспечило бы выпуск качественных орудий труда и инструмента.

Можно предположить, что нож из кургана у д. Глинище Полоцкого р-на (рис. 20, *9*), по типологическим данным (сильно вытянутый черенок, толстая спинка, форма лезвия), относится к неизвестному ремесленному центру, кузнечная продукция которого отличалась не только внешними, но и внутренними технологическими признаками. Одним из них является, как правило, обязательное использование при изготовлении ножей трехполосной пакетной схемы. В экземпляре из Глинища эта схема четко видна. Лезвие сварено из трех полос, из них две боковые — железные, средняя — стальная феррито-перлитной структуры (фото 7, *б*). Следовательно, готовое изделие не подвергалось термообработке. Возможно, произошел его отжиг [redacted] кремационном костре. Железные пластины имеют грубозернистую ферритную структуру со слабо травящимися границами кристаллитов. В них в небольшом количестве наблюдаются игольчатые включения соединений азота (нитридов). Сварные швы, соединяющие стальную полосу с железными, хорошо прослеживаются. С одной стороны в сварном шве виден непровар. В этом месте впоследствии произошли значительные коррозионные процессы. Средняя стальная полоса у спинки гораздо толще, чем у режущей кромки, что можно объяснить стремлением кузнеца посредством пластической обработки придать лезвию клиновидную [redacted] сечении форму и уменьшить трудозатраты при обработке на точильном круге.

Два ножа из курганов у д. Плусы Полоцкого р-на (рис. 20), хотя и отличаются типологически, также изготовлены по трехполосной технологии. В отличие от ножа из Глинища они имеют более высокие эксплуатационные характеристики, так как средняя стальная полоса обладает повышенной твердостью, полученной в результате термической обработки изделия. В первом экземпляре сталь закалена на мартенсит и троостит, во втором — преимущественно сорбитная структура. Для боковых пластин использовано грубозернистое железо с включениями шлака. В некоторых пластинах встречаются отдельные зоны с мелким зерном. Стальная полоса в одном из ножей оказалась более устойчивой к воздействию коррозии, чем железо. Сварные швы в первом ноже слабо выражены, хотя хорошо просматривается граница стальной и железных полос, во втором — они видны четко и характеризуются наличием цепочек мельчайших включений флюсов или окалины. Электронномикрозондовый анализ не выявил причины коррозионной стойкости центральной стальной полосы в первом экземпляре. Концентрация легирующих элементов и в стали, и в железе почти одинакова, за исключением фосфора, содержание которого в железных пластинах высокое (рис. 41, *а*). Третий нож из курганов у д. Плусы сделан из кричного железа со слабым и

неравномерным науглероживанием. Возможно, в нем предпринята неудачная попытка провести цементацию рабочей части лезвия.

Экземпляр из курганов у д. Дворище Минского р-на (рис. 20, *13*) при микроструктурном исследовании обнаружил разнообразие составляющих: на рабочей части лезвия имеется мартенсит, который по направлению к спинке сменяется мартенсито-трооститной структурой. У спинки феррито-перлитная структура. Можно полагать, что при изготовлении предмета использована стальная заготовка с последующей локальной закалкой лезвия.

Классическая трехполосная схема выявлена в ноже из кургана у д. Слободка Чашникского р-на (фото 7, *3*). Отбор металла для центральной и боковых полос был сделан профессионально. Сварные швы высококачественные. Они хорошо видны на макроструктуре. Наблюдается частичная диффузия углерода из стали в железо. Распределение углерода в стальной полосе равномерное. В железных пластинах характерные черты кричного металла: неоднородная зернистость, множество шлаковых включений. Микротвердость феррита 167 кгс/мм². Стальная полоса закалена на мартенсит и троостит. Микротвердость колеблется в пределах 693—549 кгс/мм². Структура одной из зон стальной полосы показана на фото 31, *д*. Следует подчеркнуть, что эта полоса на фоне железных выделяется повышенным содержанием никеля (рис. 43, *в*), в то время как фосфор имеется преимущественно в железных полосах (рис. 41, *б*).

По трехполосной схеме сделан нож из кургана у д. Закурье Чашникского р-на, но боковые пластины в нем многослойные (фото 7, *4*). Средняя стальная полоса в рабочей части лезвия после термообработки приобрела преимущественно трооститную структуру микротвердостью 464 кгс/мм². Сталь выделяется повышенным содержанием никеля (рис. 43, *б*). Для железных боковых полос характерно неравномерное распределение фосфора (рис. 41, *в*).

Таким образом, технологические операции при изготовлении ножей проводились в следующей последовательности: 1) ковка крицы с предварительными нагревами ее в горне; 2) подбор железа и стали, подготовка полос, включая в необходимых случаях цементацию, псевдопакетирование, вытяжку, обжатие, рубку и т. п.; 3) сварка полос по различным схемам (пакет, наварка, варка и др.); 4) проковка полуфабриката для придания формы и клиновидности лезвия, вытяжки черенка; 5) доводка лезвия на точильном круге; 6) цементация отдельных экземпляров; 7) термическая обработка; 8) шлифовка и полировка лезвия; 9) насадка и крепление рукояти, придание ей соответствующей формы; 10) окончательная заточка лезвия ножа.

Инструменты для обработки дерева

Деревообрабатывающий инструментарий был составной частью кузнечной продукции Полоцкой земли. Еще в прошлом веке исследователи интуитивно пришли к выводу, что плотничий инструмент изготовлялся местными мастерами[14]. Как показал металловедческий анализ топоров, тесел и долот, при этом нельзя исключать попадание отдельных предметов на изучаемую территорию в результате торговли или обмена.

Топоры (рис. 21) найдены различных типов. На ранних памятниках встречаются узколезвийные, позднее только широколезвийные топоры, причем с разнообразными формами обуха. Преимущественно это качественные орудия труда. По типологическим признакам к боевым топорам может быть отнесен экземпляр из г. Поставы. Аналогичные предметы были распространены в Западной Белоруссии и Восточной Литве[15]. Исследование образца, взятого на лезвии, выявило ферритную структуру кричного железа неоднородной зернистости (1 и 6 баллов). В отдельных зонах встречаются игловидные соединения азота (нитриды). Предмет изготовлен из металла с незначительным содержанием углерода без использования дополнительных технологических приемов.

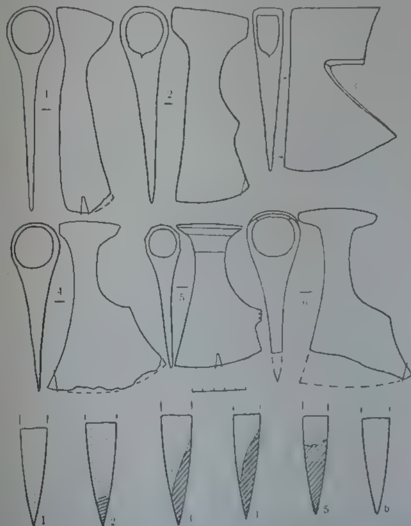


Рис. 21. Топоры и технологические схемы изготовления их лезвий. 1 — Поставы, № 1, 2 — Масковичи, № 236, 3 — Витебск (Нижний замок), № 29, 4 — Масковичи, № 170, 5 — Витебск (Нижний замок), № 31, 6 — Минск, № 53

кроме сварки, которая применена для соединения заготовки после формообразования обуха.

Совершенными внешними чертами и хорошей сохранностью выделяется топор № 29 из Нижнего замка в Витебске, предназначенный для выполнения разнообразных плотничьих работ. После подготовки шлифа на поверхности рабочей части лезвия и травления выявлена технологическая схема наварки стали на железную основу с последующей термической обработкой. Аналогичная косая наварка стальной пластины с термообработкой использована при изготовлении лезвия в топоре № 170 из городища Масковичи. Корпус предмета выполнен из кричного железа неоднородной зернистости со шлаковыми включениями. В сварной зоне наблюдается диффузия углерода из стали в железо. Микротвердость феррита высокая — 209 кгс/мм². Наварная стальная полоса закалена на мартенсит с отпуском микротвердостью 633 кгс/мм². Торцовая наварка обнаружена в топоре № 31 из Витебска (Нижний замок). Несмотря на диффузионные процессы, сварной шов виден на микроструктуре. Он значительно деформирован в ходе пластической обработки лезвия после проведения операции сварки. Структура мартенсита с отпуском обнаружена в стальной рабочей части лезвия, в основе — феррит со следами неравномерного науглероживания.

Цементация применена для повышения твердости лезвий топоров из Минска (№ 53) и Маскович (№ 236). В первом экземпляре рабочая часть лезвия в основном обломана. Она сохранилась только на пятке, где и был взят образец для анализа. На шлифе видна структура феррита с зерном 5—7 баллов. С одной стороны лезвия имеется науглероженная зона с невысоким содержанием углерода. Поэтому можно полагать, что операция цементации проведена неквалифицированно. Значительная концентрация углерода выявлена в рабочей части лезвия во втором экземпляре, что способствовало проведению местной закалки режущей кромки изделия на мартенсит с отпуском.

Вполне пригодными для исследования технологии изготовления лезвий рубящих орудий труда оказались фрагменты топоров из памятников Полоцкой земли (рис. 22). Широколезвийный экземпляр из Верхнего замка в Полоцке (№ 16) имел вваренную стальную пластину, которая в рабочей части термообработана на мартенсит и троостит, что обеспечивало топору хорошие эксплуатационные качества. Металл лезвия плотный, с небольшим количеством шлаковых включений. Топор из городища в Лукомле (№ 51) сделан из заготовки, обработанной способом пакетирования сырья с низким содержанием углерода. С одной стороны лезвия есть вставка высокоуглеродистого металла, не подвергавшегося термообработке. Сварные швы чаще всего наблюдаются в виде «строчек», встречаются и высококачественные. Как обычно, в псевдопакете отмечается разнородная зернистость: наряду с крупным зерном феррита в отдельных зонах имеется немало мелкозернистых полос. Высокоуглеродистая вставка содержит перлитные участки 3—4 баллов.

Лезвия топоров, найденных на селище в Лукомле, были изготовлены по схеме наварки стальных рабочих частей на железные основы. В экземпляре № 11 сталь качественная, однако сварной шов на микрошлифе не прослеживается из-за сильной диффузии углерода. На режущей кромке трооститная структура микротвердостью 455 кгс/мм². Сварка железной и стальной пластин, благодаря четкому шву между ними, установлена во фрагменте лезвия топора № 12. В стальной полосе с одной стороны наблюдается обезуглероженная зона, но в целом она качественная. В результате закалки сталь имеет мартенситную структуру

на режущей кромке, сменяющуюся подальше от нее мартенсито-трооститной структурой. Шлаковых включений мало. В ходе пластической деформации металла они получили вытянутый вид параллельно осевой линии предмета. Экземпляр № 14 цельностальной, закаленный. По-видимому, это рабочая часть лезвия топора, обломавшаяся впоследствии по некачественному сварному шву.

Топор № 54 из Минска, представленный крупным фрагментом лез-

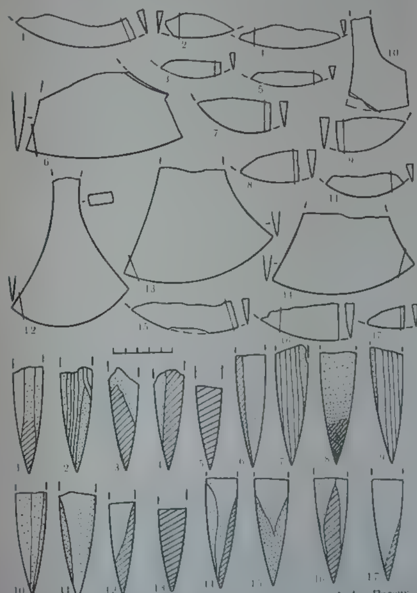


Рис. 22. Фрагменты топоров и технология изготовления их лезвий: 1 — Полоцк, № 16; 2 — Лукомль, городище, № 51; 3—5 — Лукомль, селище, № 11, 12, 14; 6 — Минск, № 54; 7, 8 — Менка, городище, № 5, 6; 9 — Гливин, № 1; 10—15 — Масковичи, № 74, 75, 171—174; 16, 17 — Витебск, Верхний замок, № 4, 5

вия, ширина которого свыше 12 см, также сделан по способу сочетания железа и стали. На шлифе после травления ниталем видны две полосы с четкой границей между ними (фото 23, г). Стальная полоса выходит на режущую кромку изделия. Лезвие топора было закалено на мартенсит и троостит. Микротвердость до 822 кгс/мм². Основа — грубозернистый феррит 1—3 баллов с множеством включений шлака темно-серой окраски. Большинство включений в результате ковки приобрело вытянутую форму. Микроструктура стальной пластины неоднородная, встречаются низкоуглеродистые зоны.

В двух фрагментах лезвий топоров из городища на р. Менке при металлографическом исследовании обнаружена различная технология изготовления. Экземпляр № 5 откован из заготовки, подготовленной методом пакетирования. На макроструктуре видны сварные швы и многослойность металла, содержащего мало углерода. В верхней части есть непровар. Крупнозернистые полосы чередуются с мелкозернистыми. Включения вытянуты параллельно сварным швам, имеют темно-серую, местами двухфазную окраску: светло-серые выделения на темном фоне. По классификации Е. Пясковского их следует отнести к типу Д I [16]. Лезвие топора № 6 изготовлено из высокоуглеродистой заэвтектоидной стали. На микроструктуре наблюдается цементитная сетка (фото 17, д). Готовый предмет был подвергнут локальной закалке рабочей части лезвия на мартенсит. Местами цементитная сетка не разрушена термообработкой. Непродуманное использование высокоуглеродистой стали для изготовления корпуса топора в процессе эксплуатации привело к его поломке по причине излишней хрупкости металла.

Лезвие топора из поселения у д. Гливин Борисовского р-на сделано из железа с незначительным содержанием углерода методом пакетирования исходного сырья. На макрошлифе наблюдается полосчатость, под микроскопом видны сварные швы, нередко в виде «строчек». Характерная для псевдопакетных изделий неоднородная зернистость отдельных полос металла имеется и в этом предмете. В результате тщательной ковки заготовки шлаковые включения деформированы и получили сильно вытянутую форму. Для таких категорий продукции, которые при эксплуатации должны были испытывать большие нагрузки, кузнецы Полоцкой земли, подобно их предшественникам, использовали преимущества многослойного металла. При низкой микротвердости в отдельных слоях благодаря сварным швам он обладает повышенной твердостью [17].

Как показал металловедческий анализ топоров и тесел из городища Масковичи, местные кузнецы часто использовали многослойные заготовки для изготовления деревообрабатывающего инструмента, практикуя также и сочетание стали с железом. Технология изготовления корпуса топора, дожившая до первой половины XX в. [18], состояла в следующем. Длинная заготовка складывалась пополам, в месте изгиба оставлялось отверстие для рукояти, концы сваривались и после соответствующих операций ковки из них получалось лезвие. В некоторых случаях на лезвие наваривались стальные пластины. Многослойная структура слабо и неравномерно науглероженного железа выявлена в топоре № 74. Аналогичный металл употреблен и в экземпляре № 75, хотя на шлифе наблюдается только один сварной шов. В топоре № 171 применена наварка стальной пластины на железный корпус с последующей термической обработкой. Несмотря на то что образец с режущей кромки топора № 172 имеет закаленную стальную структуру, можно предположить, что при отборе пробы захвачена только наварная часть лезвия, а корпус изделия сделан из железа. Наваренное лезвие закалено на мартенсит

микротвердостью 623 кгс/мм² и в экземпляре № 173, в котором корпус изготовлен из многослойного неравномерно науглероженного металла (фото 27, г). В широколезвийном топоре № 174 также применена технология наварки стального лезвия на железную основу, сварной шов имеет вид уголка, обращенного вершиной к режущей кромке. В стали наблюдается структура сорбитообразного перлита микротвердостью 362 кгс/мм².

Во фрагментах лезвий топоров из Верхнего замка в Витебске выявлена качественная технология комбинирования железа и стали. В экземпляре № 4 вварена между железными пластинами стальная полоса, прошедшая затем операции термообработки — закалку с отпуском. Микротвердость мартенсита 613 кгс/мм². В топоре № 5 применена косая наварка стального лезвия с последующей термообработкой. Сварное соединение выполнено квалифицированно. Лезвие топора из городища Прудники (№ 6) изготовлено по трехполосной схеме. Средняя феррито-перлитная полоса имеет мелкозернистую структуру и достаточно однородное строение. Вытянутые включения шлака серого цвета свидетель-

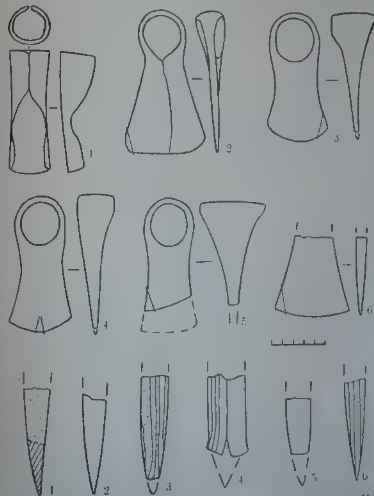


Рис. 23. Тесла и технологические схемы изготовления их лезвий: 1 — Минск, № 58, 2 — Витебск, Верхний замок, № 3; 3—6 — Масковичи, № 76, 187, 197, 237

ствуют о тщательной ковке металла. Железные боковые пластины, представляющие собой концы заготовки, из которой откован корпус топора, обладают неоднородной зернистостью, содержат большое количество шлаковых включений. Закалке изделие не подвергалось.

Тесла (рис. 23) были втульчатыми и проушными. Втульчатое тесло хорошей сохранности найдено под насыпью вала, относящегося ко второму этапу строительства городских укреплений в Минске. Длина изделия 102 мм, диаметр втулки до 33 мм. Шлиф подготовлен с передней части у режущей кромки. После травления выявилась наварка стальной пластины на железный корпус. Сварка выполнена качественно. Железо имеет отдельные науглероженные зоны. Внешняя отделка тесла, технология изготовления его лезвия свидетельствуют о высоком мастерстве кузнеца, производившего инструменты для обработки древесины. Этого нельзя сказать об экземпляре № 3 из Верхнего замка в Витебске. Технология изготовления тесла простая: длинная заготовка была изогнута пополам с вытяжкой металла для образования проушины, затем ее концы сварены внахлестку. Сварное соединение видно на поверхности лезвия. В ходе анализа установлено, что предмет сделан из кричного железа.

Тесла из городища Масковичи также изготовлены из кричного металла преимущественно многослойной структуры. Экземпляр № 76 имеет в лезвии стальные и железные полосы (фото 26, *ж*). Некоторые из них характеризуются однородной зернистостью, в других выступают элементы видманштеттовой структуры. На макрошлифе отчетливо выделяются две сваренные между собой ферритные крупнозернистые полосы. Расслоение лезвия в результате деформации при ударах о твердые предметы показало, что оно сварено из двух полос при изготовлении тесла № 187. Одна из них цельножелезная, другая — многослойная. В результате проведенного анализа установлена ферритная структура неоднородной зернистости (1—3, 5—6 баллов). В металле встречаются включения соединений азота (нитриды). В связи с тем что в экземпляре № 197 обломано лезвие, нельзя ничего сказать о его структуре, корпус изготовлен из кричного железа крупной зернистости (1—4 балла), содержащего много включений шлака. Многослойная структура выявлена в лезвии тесла № 237. Металл науглерожен слабо и неравномерно.

Долота по внешнему виду похожи на зубила. Экземпляр из Минска имеет длину 12 см, два долота из Маскович—соответственно 16 и 22,5 см. Рабочие части этих инструментов ассиметричны, противоположные концы сильно расплющены в результате ударов молотком. В долоте № 55 из Минска ширина рабочей части в полтора раза превышает корпус. В экземплярах № 73 и 141 из Маскович рабочие части расширены незначительно. На образцах, взятых в данных местах изделий, наблюдаются структуры кричного железа с неравномерным распределением углерода и неоднородной зернистостью. Микротвердость колеблется в пределах 127—143 кгс/мм².

Инструмент бондаря, найденный на городище Масковичи (№ 218) во фрагментированном виде, имеет изогнутое обоюдоострое лезвие, по концам которого откованы черенки для насаживания рукоятей. В ходе анализа выявлена псевдопакетная ферритная структура неоднородной зернистости (2, 6—7 баллов); микротвердость 149 кгс/мм². В отдельных зонах шлифа есть выделения игольчатой фазы нитридов (фото 32, *б*).

Сверло из Маскович (№ 186) представлено рабочей частью данного инструмента, при анализе которой обнаружена ферритная структура неоднородной зернистости микротвердостью 186 кгс/мм².

Земледельческие орудия труда

В ходе раскопок на территории Полоцкой земли получены разнообразные орудия труда земледельца: наральники, сошники, серпы, косы, мотыги, оковки лопат и др. Это убедительное свидетельство активных сельскохозяйственных занятий местного населения. О назначении каждой категории изделий, их внешней форме подробно сказано в работе Т. Н. Коробушкиной [19].

Сошники (рис. 24) изготовлялись кузнецами различных размеров. Из шести исследованных экземпляров два сохранились полностью. Длина сошника из городища Вал в Заславле 20 см, из городища Масковичи — 17,5 см. Экземпляр из Заславля (№ 27), как показало микроструктурное исследование, откован из кричного железа, содержащего много крупных и мелких включений шлака серой окраски (фото 13, *д*). Их форма разнообразная, но сильно деформированных включений нет, поэтому говорить о тщательной ковке металла не приходится. Сошник № 80 из Маскович также изготовлен из кричного железа однородной зернистости. Фрагмент сошника № 81 из этого же памятника сделан из двух кусков железа разной зернистости (2 и 5 баллов). Еще один экземпляр из Маскович (№ 108) имеет структуру незначительно науглероженного кричного железа с включениями шлака.

Фрагмент сошника № 43 из городского слоя в Минске в зоне отбора образца для анализа обнаружил структуру железа неоднородной зернистости. С одной стороны близ поверхности имеется науглероженный участок металла. Шлаковые включения типа Б: двухфазные, содержащие округлые светлые выделения на темно-сером фоне. Однако есть включения сплошной серой окраски, а также двухфазные со светлыми выделениями дендритной формы (тип Д3). Форма включений шлака разнообразная. Данное почвообрабатывающее орудие отковано из металла с неравномерным науглероживанием в ходе восстановления из руды в сыродутной печи. Кричное железо неоднородной зернистости с множеством шлаковых включений выявлено и во фрагменте сошника № 13 из селища в Лукомле.

Сопоставление полученных результатов с данными исследований аналогичных синхронных предметов с территории Центральной Европы [20] позволяет заключить, что для них характерна не только близость внешних форм, но и использование малоуглеродистого металла [21]. Важно отметить схожесть типов шлаковых включений сошника из Минска с указанными выше орудиями для обработки почвы из археологических памятников Силезии.

Мотыги (рис. 24, *5, 6*) из городища Масковичи представлены экземплярами небольших размеров (№ 106 и 107). При изготовлении первого из них использована заготовка, обработанная способом пакетирования сырья, для второго употреблен слабо и неравномерно науглероженный металл. В обоих случаях кричное железо неоднородной зернистости содержит включения шлака. Массивная мотыга (№ 28) найдена в Заславле. Ее высота 22 см, ширина рабочей части 15 см. Датируется XIV в. Исследование образца показало, что рабочая часть мотыги сделана из многослойного неравномерно науглероженного металла, зернистость которого колеблется в пределах 3, 6—7 баллов.

Серпы (рис. 25) представлены фрагментированными экземплярами

В ходе археологических изысканий найдено немало целых серпов. В экземплярах из Минска и Глинища на режущих кромках сохранились насечки. В некоторых серпах имеются ребра жесткости (Глинище, Менка, Масковичи). Металлографическим анализом установлено, что орудия для уборки урожая изготовлены по различным технологическим схемам.

Серп № 1 из кургана у д. Глинище сделан из среднеуглеродистой стали с наличием отдельных зон с меньшей степенью науглероженности. Встречаются крупные перлитные участки. Зернистость также неоднородна. Серпы из Минска (№ 39—41) имеют различную технологию изготовления. Два из них цельножелезные. Третий (№ 40) на рабочей части обнаружил стальную наваренную полосу с последующей термообработкой на сорбит микротвердостью 364 кгс/мм². Основа лезвия — неравномерно науглероженное кричное железо. Экземпляр № 9 из Верхнего замка в Витебске изготовлен из стали с закалкой режущей кромки на мартенсит. Несмотря на отдельные перлитные участки, в целом основа лезвия имеет мелкозернистое строение. Фрагмент серпа (косы?) из Орши сделан из железа неоднородной зернистости с включениями шлака серого цвета и вытянутой формы. Наличие углерода с одной стороны лезвия позволяет предположить использование цементации для повышения твердости орудия труда.

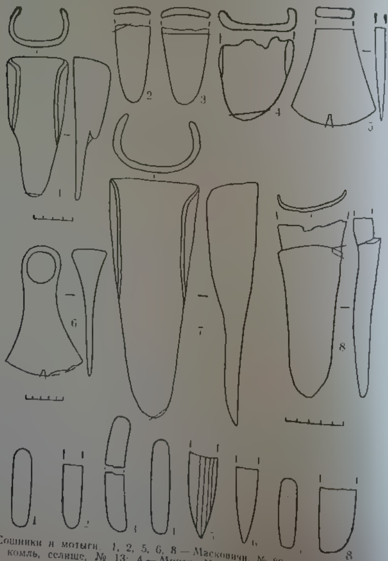


Рис. 24. Сошники и мотыги. 1, 2, 5, 6, 8 — Масковичи, № 80, 81, 106—108; 3 — Лукомль, селище, № 13; 4 — Минск, № 43; 7 — Заславль, № 27

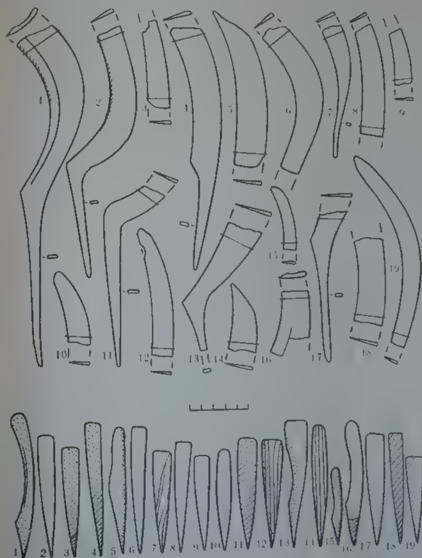


Рис. 25. Серпы и технологические схемы их изготовления: 1 — Глинище, № 1, 2, 3 — Минск, № 40, 41; 4 — Витебск, Верхний замок, № 9; 5 — Орша, № 1; 6—8 — Заславль, № 18—20; 9 — Дорохи, № 1; 10—12 — Лукомль, городище, № 50, 52, селище, № 4; 13—15 — Масковичи, № 28, 33, 79; 16 — Менка, селище, № 32; 17 — Копысь, № 10; 18 — Слободка, № 2; 19 — Лужесно, № 3

Серпы из Заславля (№ 18—20) цельножелезные. В экземпляре № 19 заготовка обработана способом пакетирования исходного металла. Ферритная структура выявлена и во фрагменте серпа, найденного в кургане у д. Дорохи Городокского р-на. Аналогичную структуру имеет экземпляр № 48 из городища в Лукомле. Только в нем на фоне ферритных зерен 2—5 баллов наблюдаются включения нитридов. Серп № 50 из Лукомля сделан из стали (фото 16, *е*). При этом в спинке предмета концентрация углерода несколько ниже. Лезвие термообработано на сорбит. Местами наблюдается цементитная сетка. Шлаковых включений

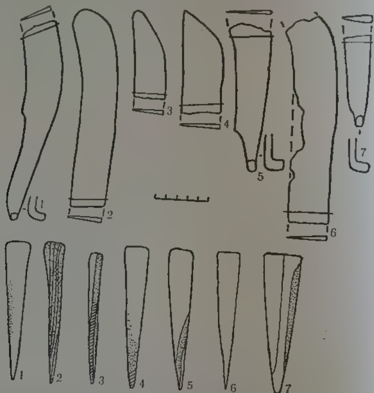


Рис. 26. Косы и технологические схемы их изготовления: 1, 4 — Менка, городище, № 1; селище, № 29; 2, 3 — Масковичи, № 77, 78; 5, 7 — Минск, № 42, 59; 6 — Заславль, городище Вал, № 17

немного. Третий экземпляр из городища (№ 52) при анализе обнаружил псевдопакетную структуру низкоуглеродистого металла. Швы хорошо видны под микроскопом. В лезвии изделия можно насчитать до семи слоев почти однородного металла. Феррито-перлитная структура мелкозернистая, шлаковых включений мало. Предмет сделан из качественной заготовки. Фрагмент серпа с селища в Лукомле (№ 4) имеет стальную многослойную структуру (фото 26, *е*) со следами термической обработки, хотя наблюдаются отдельные тонкие ферритные слои.

Фрагменты серпов из Маскович откованы из низкоуглеродистого металла. Экземпляры № 33 и 219 в результате псевдопакетирования получили многослойную структуру. В серпе № 79 выявлены черты одно-

сторонней цементации лезвия с последующей термической обработкой. Качественно выполнена технология наварки стальной рабочей части на железное грубозернистое основание лезвия в серпе № 32 с селища на р. Менке. На макроструктуре (фото 9, *12*) видны не только зоны различного по содержанию углерода металла, но и сварной шов между ними, хотя и произошли значительные диффузионные процессы. Режущая кромка закалена на троостит. Аналогичная технология изготовления серпов в исследуемый период выявлена на материалах памятников Чехословакии [22].

Структура кричного железа обнаружена при исследовании серпа № 10 из городища в Копыси. Металл содержит значительное количество шлаковых включений. В нем наблюдается неоднородная зернистость и неравномерное распределение углерода. Серп № 2 из кургана у д. Слободка Чашникского р-на сделан из стали с последующей закалкой, которая придала металлу мартенситную структуру. Не удивительно, что изделие в эксплуатации оказалось недолговечным: хрупкая структура привела к его поломке. Экземпляр из городища Лужесно Витебского р-на (№ 3) откован из неравномерно науглероженного металла. Концентрация углерода с одной стороны лезвия позволяет предположить локальную цементацию изделия (фото 29, *ж*).

Косы (рис. 26) найдены во фрагментах. Наличие шипов на некоторых позволяет представить способ крепления косы на деревянном косье. Металлографическим анализом установлено, что при изготовлении кос кузнецы использовали различную технологию. Экземпляр из городища на р. Менке откован из кричного железа с науглероженным участком, который не находится на режущей кромке. Металл характеризуется неоднородной зернистостью, множеством включений шлака. Переходная зона от науглероженного участка к ферритной структуре показана на фото 29, *е*. Косы из городища Масковичи сделаны способом пакетирования. В экземпляре № 77 лезвие многослойное, причем слои в результате тщательной пластической обработки (вытяжки) стали очень тонкими. Сварные швы видны не только благодаря травлению, но и рельефности поверхности шлифа, получившейся при полировке. В косе № 78 наблюдаются три полосы, из них средняя высокоуглеродистая, но не на всем протяжении. На спинке есть низкоуглеродистая зона. Боковые пластины приварены не по всей ширине лезвия. Они отличаются содержанием углерода. Сварные швы лучше просматриваются в средней части шлифа. Рабочая часть предмета термообработана.

Цементация рабочей части лезвия выявлена в косе № 29 с селища на р. Менке. Предмет изготовлен из качественного металла преимущественно мелкозернистой структуры с малым количеством включений шлака. Следует отметить локальный характер закалки в этом изделии: металл обработан термически только в зоне режущей кромки. Сварка железных и стальных полос использована при изготовлении лезвий кос из Минска. Однако углерод в стали распределен неравномерно (фото 18, *а*) и сами пластины не выведены на режущие кромки орудий труда. В косе № 59 неоднородная зернистость. Сварные соединения видны на макроструктуре. Обычное кричное железо употреблено на косы, которые найдены в Заславле (№ 17) и Прудниках (№ 3).

5 Зак. 182

Приспособления для рыбной ловли

Из этой категории кузнечных изделий исследованы гарпун, рыболовные крючки, остроги и блесна (рис. 27). Они найдены в городском слое Витебска (Нижний замок), на городищах Масковичи и Ратюнки, селище у д. Гливин Борисовского р-на.

Гарпуны использовались для ловли рыбы не только на территории Полоцкой земли. Они встречаются также на археологических памятниках Латвии (Межотне, Даугмале)[23]. Имеют аналогичную внешнюю форму. В экземпляре из Маскович при металлографическом изучении выявлена многослойная феррито-перлитная структура. Сварные соеди-

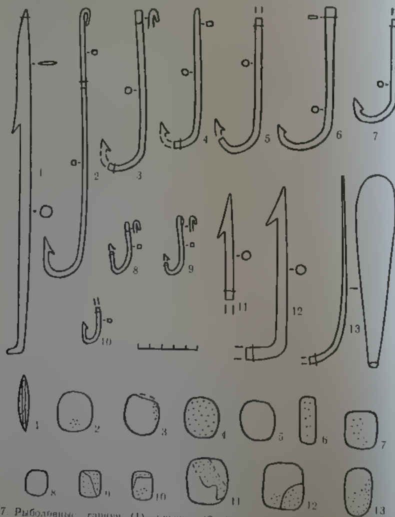


Рис. 27. Рыболовные гарпун (1), крючки (2—10), остроги (11, 12) и блесна (13)
1, 8—13 — Маскович, № 34, 92—96, 230; 2 — Витебск, Нижний замок, № 30;
3—7 — Ратюнки, № 10—14

нения выполнены качественно. Сталь мелкозернистая, включений почти нет (фото 27, *в*).

Рыболовные крючки выделяются крупными размерами. Особенно длинное цевье (свыше 20 см) имеет экземпляр из Витебска (№ 30). В месте взятия образца в нем выявлена мелкозернистая ферритная структура. Крупные экземпляры обнаружены также при раскопках городища Ратюнки. Рыболовные крючки, как правило, имеют бородку, некоторые и ушко для прочного крепления веревки (лески). Изучение образцов из различных мест предметов показало, что большинство из них изготовлено из кричного железа с незначительным содержанием углерода и неоднородной зернистостью. Включения шлака в металле — обычное явление. По одному экземпляру из Ратюнок (№ 12) и Маскович (№ 95) сделано из стали. При ковке последнего заготовка была перегнута пополам, сварной шов низкого качества. Намного лучше проведена сварка разнородного металла в крючке № 96 из Маскович. С учетом эксплуатационных особенностей рыболовных крючков использована простая кузнечная технология, но вполне достаточная для данной категории продукции.

Рыболовные остроги, как и крючки, имели бородки. В исследованных фрагментах № 34 и 93 из Маскович обнаружен металл аналогичной характеристики: разнородная зернистость, неравномерное распределение углерода, обилие включений шлака.

Блесны изготовлялись не только из цветных, но и из черных металлов. Экземпляр № 92 из Маскович сделан из кричного железа. На одном участке шлифа имеются игольчатые включения соединений азота (нитриды).

Предметы бытового и хозяйственного назначения

Кузнечная продукция данной категории разнообразна. При ее изго-
товлении возможно применение как простых, так и сложных технологи-
ческих приемов и операций. Поэтому целесообразно проводить металло-
графический анализ большого числа бытовых и хозяйственных предме-
тов.

Ножницы (рис. 28) широко бытовали у населения Полоцкой земли.
Они изготовлялись двух типов: пружинные и шарнирные. Кроме широ-
кого использования ножниц для хозяйственных нужд (раскрой тканей,
стрижка овец и др.), в изучаемый период определенные группы ремес-
ленников, например ювелиры, употребляли ножницы для резки метал-
лов. Такой инструмент найден в Новгороде[24]. По нашему мнению, нож-
ницы из городища Прудники предназначались для резки металла.

Красивую внешнюю отделку имеет экземпляр из Нижнего замка в
Витебске (№ 32). Предмет хорошо сохранился. Механическая зачистка
и травление поверхности рабочей части этого экземпляра не позволили
изучить микроструктуру металла. Есть основания предположить, что
ножницы изготовлены из неравномерно науглероженного железа. Пру-
жинные ножницы из Минска (№ 56) сделаны из аналогичного металла,
но одна из углеродсодержащих зон приходится на режущую кромку и
после термической обработки обеспечила ей надлежащую твердость.
Можно полагать, что это произошло не случайно. Кузнец хорошо знал

заготовку и рационально использовал ее преимущества. Не исключено применение цементации.

Неравномерное распределение углерода выявлено в ножницах из городища Прудники. Технология наварки стальной полосы на железную основу лезвия позволила мастеру изготовить качественное изделие, фрагмент которого обнаружен на городище Масковичи (№ 206). После закалки на мартенсит с отпуском режущая кромка приобрела твердость 572 кгс/мм². Два других экземпляра из этого памятника оказались цельножелезными. Возможно, у них также были наварные стальные лезвия, которые утрачены в процессе эксплуатации.

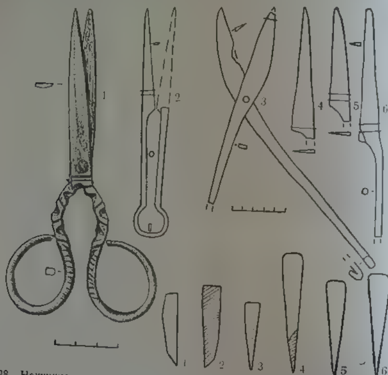


Рис. 28. Ножницы шарнирные и пружинные: 1 — Витебск, Нижний замок, № ▒; 2 — Минск, № 56; 3 — Прудники, № 1; 4—6 — Масковичи, № 206—208

Кресала (рис. 29) встречаются при раскопках на многих археологических памятниках Полоцкой земли. В исследуемый период бытовали кресала калачевидные с язычком и без него, овальные короткие и длинные, а также с заостренными концами. Предназначались для высекания огня.

Исследовано шесть экземпляров из городища Масковичи. Кресало № 97 выполнено из псевдопакетной заготовки с различным содержанием углерода в полосах. Сварные швы качественные, хорошо видны под микроскопом. В низкоуглеродистых слоях металл мелкозернистый. Составляющие структуры — феррит и перлит. После закалки с охлаждением в холодной воде высокоуглеродистые полосы получили высокую твердость (до 1086 кгс/мм²) и преимущественно мартенситную структуру. Троостит наблюдается только в одной полосе. Металл в основном плотный, шлаковых включений мало. Кресало № 98 сделано также из

многослойного металла. Имеются две зоны с высокой концентрацией углерода с крупными участками перлита и ферритом на их границах в виде рваной сетки, однако в целом металл низкоуглеродистый. Рядом с грубозернистыми чередуются полосы с мелкой зернистостью. Предмет не подвергался закалке. Кресало № 99 изготовлено из относительно мелкозернистого кричного железа с неравномерным распределением углерода без дополнительных технологических операций. Экземпляр № 100 в результате пакетирования сырья с неравномерной концентрацией углерода приобрел полосчатую структуру (фото 26, з). Сварные швы четко видны на микрошлифе. Серые включения шлака сильно вытянутой формы. Их ориентировка параллельна сварным швам. Имеются ферритные полосы разнородной зернистости. При закалке изделия высокоуглеродистые зоны металла приобрели мартенситную структуру микротвердостью 1027 кгс/мм². Остальные кресала из данного городища также имеют многослойную структуру. В экземпляре № 183, украшенном различными завитками, наблюдается узорчатое строение структуры металла, сваренного из тонких стальных и железных полосок. Последние характеризуются разнородной зернистостью.

Разнообразна форма кресал из Заславля, Минска и Лесной, но только минский экземпляр выделяется рациональной технологией изготовления. После приготовления шлифа на рабочей поверхности данного предмета и последующего травления ниталем выявлена мартенситная структура, что позволяет предположить наварку стальной полосы на железный корпус кресала, а затем ее термообработку. Экземпляры из других памятников изготовлены из кричного железа без сложных технологических приемов.

Рис. 29. Кресала и технология их изготовления: 1—6 — Масковичи, № 97—100, 182, 183; 7 — Заславль, № 21; 8 — Минск, № 57; 9 — Лесная, № 3

Шилья из городищ Ратюнки и Масковичи сделаны также из кричного железа с неравномерным распределением углерода. Высокоуглеродистые зоны, наблюдающиеся на шлифе в экземпляре из Ратюнок, не поддаются технологическому обоснованию. Их нельзя идентифицировать

как результат химико-термической обработки. Форма шила традиционная: круглое в сечении острие и прямоугольный черенок для жесткого крепления рукояти.

Пряжки изготовлялись преимущественно из железа, иногда из стали. Например, сталь с неравномерным науглероживанием использована для пряжки № 101 из Маскович. Другие экземпляры из этого городища при металлографическом анализе обнаружили структуру кричного железа с включениями шлака и слабыми науглероженными зонами, а также неоднородной зернистостью. В одной пряжке имеются деформированные ферритные зерна, что свидетельствует о ковке остывающего металла. В экземпляре № 103 выявлена многослойная структура. Для его изготовления использована псевдопакетная заготовка. В пряжке № 104 наблюдаются выделения игольчатой фазы нитридов.

Булавки бытовали различных типов, но особое внимание было обращено на экземпляры с подвижными кольцами. Представленные на рис. 30 предметы пока в литературе имеют разные названия. Нет единого мнения о функциональном их назначении. Судя по внешней отделке, мастера придавали значение качественному изготовлению данной категории продукции. Микроструктурное исследование образцов, взятых как на острие, так и в других местах корпуса булавок, показало, что они сделаны из слабо и неравномерно науглероженного металла, есть цельножелезные. В экземпляре № 196 обнаружены выделения нитридов. Все булавки происходят из городища Масковичи.

Замки и ключи к ним (рис. 31) интересны с точки зрения использования новой технологической операции — пайки. В Полоцкой земле бытовали навесные и нутряные замки. Исследованы навесные экземпляры из городищ Прудники, Масковичи, а также из Нижнего замка в Витебске, хотя найдены замки на многих археологических памятниках Белоруссии[25]. Анализ семи замков показал, что они изготовлены по аналогичной технологии, но имеют отличительные элементы. Встречаются экземпляры, покрытые бронзой. В большинстве замков из Маскович к дужкам вблизи корпуса приварено ушко. Детали внутри корпуса сделаны из низкоуглеродистой стали и железа. В замках № 109 и 110 в металле наблюдаются выделения соединений азота (фото 32, *д, е*). Внутрикорпусные детали соединены между собой горновой пайкой. В качестве припоя использовались медь и ее сплавы. На микрошлифах можно проследить способность припоев на основе меди хорошо смачивать железные и стальные поверхности и проникать в мельчайшие зазоры (фото 28, *а, д*). На снимках показаны паяные швы высокого и низкого качества (фото 28).

Изучение образцов, взятых в разных деталях замков, дало возможность представить подбор металла для их изготовления. Так, в замке № 111 для дужки использована среднеуглеродистая сталь, хотя во внутрикорпусных деталях структура железная с незначительным содержанием углерода. Обращает внимание наличие в паяных швах неизвестных светлых включений, трудно поддающихся идентификации. И дужка, и детали замка № 112 сделаны из железа. Паяный шов качественный, сварные швы в многослойных железных деталях значительно разрушены коррозией. Различная величина ферритных зерен выявлена в деталях замка № 113. Из железа и стали откованы детали замка № 34 из Витебска. Замок № 7 из городища Прудники также имеет качественные паяные соединения (фото 28, *з*).

Наиболее красивую внешнюю отделку мастер придал большому ключу, найденному в Минске (рис. 31, *14*). Предмет частично поврежден, но

сохранилось бронзовое покрытие его поверхности. Ключи к замкам из Маскович имеют различную форму функциональной части и близкие параметры корпуса. За исключением экземпляра № 229, у них в верхней части есть отверстия для прикрепления шнурка с целью предотвратить потерю предмета. В ключе из Нижнего замка в Витебске сделано не отверстие, а ушко.

Металлографическим анализом установлено, что ключ № 114 изготовлен из железа преимущественно ферритной структуры, обработанного способом пакетирования исходного сырья. На микрошлифе наблюдаются сварные швы. Имеются шлаковые включения двухфазной окраски. Следует отметить разнородную зернистость отдельных полос. Аналогичная структура обнаружена и в ключе № 115. Только ферритное зерно преимущественно мелкое, в науглероженных зонах есть признаки, свидетельствующие о попытке подвергнуть изделие термообработке. И эк-

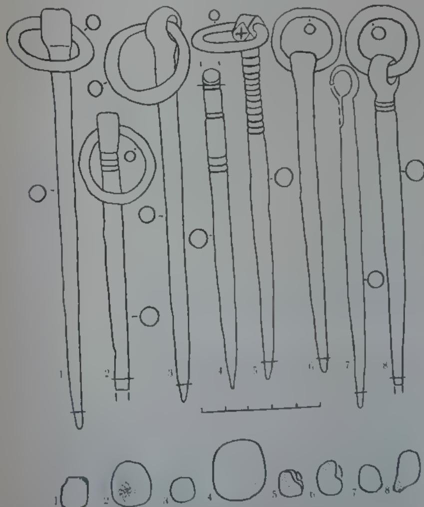


Рис. 30. Булавки из городища Масковичи (№ 189—196)

земпляре № 116 есть значительно науглероженная зона. В ней вокруг
перлитных участков образовалась ферритная сетка. Характерные черты
кричного железа выступают и в других экземплярах. В некоторых со-
держится много включений шлака, наблюдаются выделения мелкой
фазы нитридов. Ключ из Витебска сделан из железа. В нем, как и в зам-
ках, профилированная деталь соединена со стержнем горновой пайкой с
использованием припоя на основе меди (фото 28, *ж*). Металл стержня
ключа и припаянной к нему детали значительно отличается микротвер

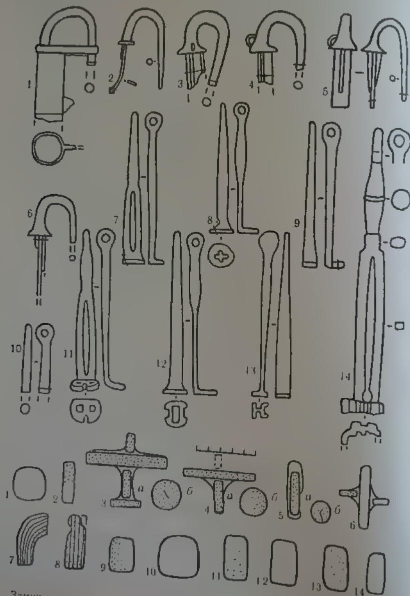


Рис. 31. Замки и ключи: 1 — Прудники, № 7, 2 — Витебск. Нижний замок, № 34; 3—13 — Масковичи, № 109–117, 227—229; 14 — Минск, № 61

достью, что позволяет сделать вывод об употреблении различного ис-
ходного металла.

Скобы для крепления дверных ручек, а также для других всевозмож-
ных целей в широком ассортименте изготовлялись из кричного железа.

Предметы вооружения

В результате археологических изысканий в Полоцкой земле найдено
немало оружия и защитных доспехов. Так, отдельные детали мечей и
сабель выявлены в Минске, Орше, Друцке. Целый меч найден в Полоц-
ке, Витебске, Минске, Заславле, Лукомле, Браславе, Логойске, Маскови-
чах и на других памятниках. Бронзовые навершия булав встречены при
раскопках в Лукомле и Копыси. Фрагменты кольчуги и пластины пан-
цыря найдены в Минске, Полоцке, Лукомле, Друцке [26]. При этом пред-
меты вооружения не так часто встречаются в культурных напластовани-
ях археологических памятников исследуемого княжества, как например
в Прибалтике [27].

Наконечники копий (рис. 32) иногда при изготовлении получали кра-
сивую внешнюю отделку. Например, наконечник XI в. из Лукомля имеет
посеребренную втулку с орнаментацией [28]. Кроме втульчатых наконеч-
ников копий были широко распространены черенковые. Поверхностное
изучение экземпляров № 44 из Минска и № 31, 32 из Заславля дает
возможность предположить, что они изготовлены из железа с неравно-
мерным в некоторых случаях распределением углерода в металле. При
микроструктурном анализе в наконечнике № 33 из Заславля обнаружена
структура равномерно науглероженной стали. Аналогичная структура
выявлена в небольшом фрагменте наконечника № 9 из городища Ратюн-
ки (фото 16, *ж*). Кричное железо употреблено кузнецами для производ-
ства наконечников копий № 4 из городища Прудники, № 82, 83, 120, 223,
224 из Маскович. Экземпляры № 225 и 226 изготовлены из неравномерно
науглероженной стали, причем перо последнего сварено из нескольких
кусков однородного металла (фото 15, *г*). В наконечнике копья № 224 на
фоне ферритных зерен имеются выделения мелкой фазы соединений азо-
та (фото 31, *а*).

Фрагмент массивного пера наконечника копья № 49 из городища в
Лукомле при анализе обнаружил многослойную псевдопакетную струк-
туру. Углерод в металле содержится в слоях с одной стороны пера. Свар-
ные швы видны и на макроструктуре. В ферритных слоях крупное зерно,
много включений шлака.

Особое внимание уделялось механической шлифовке поверхностей
пера наконечников копий из Минска, Заславля и Маскович для после-
дующего травления их реактивом Гейна в целью выявления узорчатого
строения. Проводилось также травление шлифов и поверхностей реак-
тином Оберхоффера для установления характера распределения фосфо-
ра в металле. Узорчатую структуру пока не удалось выявить ни в одном
наконечнике копья, однако начатую работу необходимо продолжить.
Маловероятно, чтобы широко бытовавшие у прибалтийских племен узор-
чатые наконечники копий не были известны населению Полоцкой зем-
ли [29].

Наконечник дротика из Минска (№ 52) черенковый, имеет ромбиче-
ское сечение пера. Длина предмета с черенком 19,5 см. После подготовки
шлифа и травления ниталем наблюдаются две зоны: с одной стороны
ферритная, с другой — науглероженная. Четкой границы между этими

зонами нет, сварной шов не просматривается. *Можно предположить* применение химико-термической обработки пера при изготовлении данного наконечника.

Наконечники стрел (рис. 33) древнерусского периода по внешним формам весьма разнообразны. По классификации А. Ф. Медведева они разделены на типы: двушипные, ланцетовидные, ромбовидные, шиловидные и др. Многие из них встречаются на памятниках Полоцкой земли [31]. Металлографически исследованы наконечники стрел из Минска и Маскович, а также по одному экземпляру из городища Прудники и селища в Лукомле. *Можно утверждать,* что они изготовлены из кричного железа с небольшим содержанием и неравномерным распределением

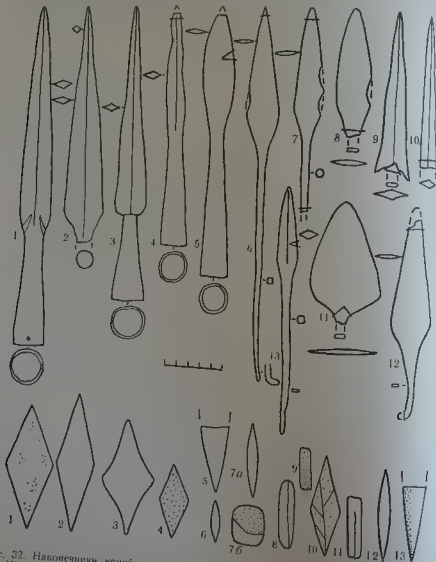


Рис. 32. Наконечники копий и дротиков: 1, 13 — Минск, № 44, 52; 2—4 — Заславль, № 31—33; 5 — Прудники, № 4; 6—12 — Масковичи, № 82, 83, 120, 223—226

углерода в металле. Для некоторых экземпляров употреблена сырцовая сталь. Учитывая разовое использование наконечников стрел, можно полагать, что более качественный металл и сложная кузнечная технология считались нецелесообразными.

Упоминаемые в «Слове о полку Игореве» каленые стрелы среди проанализированных наконечников не обнаружены. Несомненно, они будут выявлены при дальнейших исследованиях этой категории изделий, потому что закаленные экземпляры имеются в коллекциях из других памятников Белоруссии. Качественная термообработка проведена также при изготовлении арбалетного наконечника из Верхнего замка в Витебске [32].

Мечи изготовлялись по сложным технологическим схемам, передко

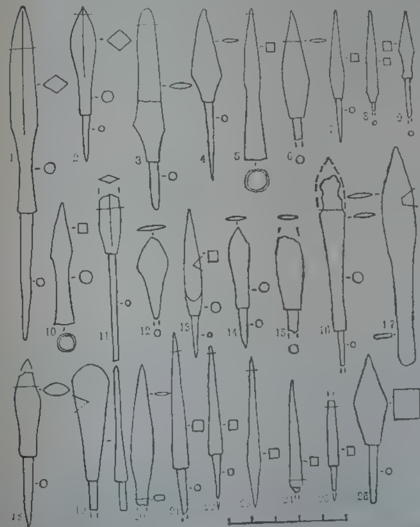


Рис. 33. Наконечники стрел: 1—15 — Минск, № 62—64, 47—51; 16 — Лукомль, селище, № 19; 17 — Прудники, № 2; 18—26 — Масковичи, № 84, 185, 199—205

с дамасскими узорами на лезвиях. При расчистке железных предметов из городища Масковичи два из них оказались навершиями рукоятей мечей (рис. 34). Навершие № 232 имеет вес 310 г, № 233 — 265 г. Судя по форме навершия, мечи таких типов были распространены в Европе. Например, мечи с навершиями, аналогичными экземпляру № 232, найдены на территории Украины, в Киеве [33], а также в Чехословакии (хранятся в музее г. Комарно на Дунае) [34]. На лезвиях близ перекрестья в мечах хорошей сохранности выявлены клейма мастеров и надписи латинскими буквами. Это свидетельствует об изготовлении данного оружия в производственных центрах Западной Европы.

Мечи с полукруглой формой навершия, аналогичной экземпляру № 233, обнаружены на многих европейских памятниках и датируются в основном XII—XIII вв. На основании вышесказанного можно предположить, что мечи, навершия рукоятей которых оказались в культурном слое масковичского городища, импортного происхождения.

Для исследования металла шлифы были подготовлены на поверхности наверший. После травления обнаружились структуры кричного железа с невысоким и неравномерным содержанием углерода (фото 15, *б*). С учетом функционального назначения навершия лучший металл и не требовался. Большой вес наверший дает основание считать, что и сами

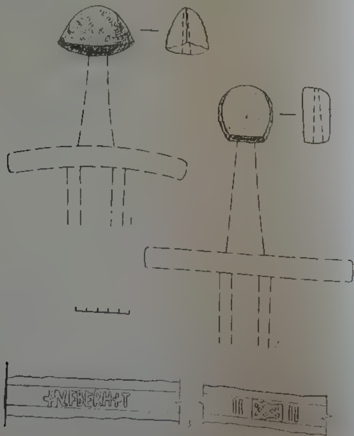


Рис. 34. Навершия рукоятей мечей из городища Масковичи (№ 232, 233) и именное каролингское клеймо на мече X в. из Полоцка (3)

мечи были массивными и использовались тренированными воинами. Наличие именного каролингского клейма на лезвии меча X в. из Полоцка указывает на его производство [redacted] оружейных мастерских, которые предположительно находились в области среднего течения Рейна.

Булавы (фото 3, *б*, 7) исследователями древнерусского оружия относятся к подсобному дополнительному вооружению, которое имелось не только у знати, но и у простых воинов. Символом власти булавы у многих народов стали только в позднем средневековье.

Металлографическому анализу были подвержены навершия двух булав из городища Масковичи. Масса большей из них (№ 234) около 175 г, меньшей — 110 г. По внешнему облику они представляют собой навершия в виде куба со срезанными углами и по типологии А. Н. Кирпичникова [35] могут быть отнесены из-за упрощенной формы к типу 2. Булавы такого типа были распространены [redacted] XII—XIII вв. и относятся к массовой категории находок при раскопках южно-русских городов, погибших при татаро-монгольском нашествии. Встречаются также в Новгороде, Латвии, других местах. Экземпляры из Маскович изготовлены из железа с неравномерным распределением углерода, в навершии № 234 местами достигающего высокой (до 0,6%) концентрации. Структура неравномерно науглероженной стали наблюдается на отдельных участках шлифа и в булаве № 235 (фото 18, *ж*, *з*).

По мнению [redacted]. М. Зоценко, булавы являлись одной из статей экспорта киевского металлообрабатывающего центра и среднеднепровских оружейных мастерских. Эти изделия распространялись на большой территории древнерусского государства. Находки киевских булав в Риге, на городище Асоте, других памятниках (11 экземпляров) позволили исследователю предположить их экспорт в юго-восточную Прибалтику через территорию Полоцкой земли [36]. Без результатов спектрального анализа и тщательного сопоставления гаммы примесных элементов нельзя отнести навершия булав из Маскович к импортным, потому что такую продукцию могли успешно изготовлять местные кузнецы.

Снаряжение всадника и верхового коня

Мастерство кузнецов [redacted] старые времена часто оценивалось умением качественно подковать лошадь подковами собственного изготовления. Кроме них, кузнецы в древнерусскую пору производили в широком ассортименте элементы и детали конской сбруи, разнообразное снаряжение всадника. Наиболее хорошо [redacted] археологических коллекциях представлены шпоры, удила, стремена, пряжки и другие предметы.

Шпоры были той категорией кузнечной продукции, в которой мастера стремились уделять большое внимание внешней отделке изделия. В исследуемый период были распространены шпоры с шипом и со звездочкой (репейкой) [37]. Некоторое представление о формах шпор можно составить по исследованным экземплярам (рис. 35). Нередко эти предметы инкрустированы бронзовой проволокой (фото 4, *2*), имеют покрытия из цветных металлов. Преимущественно шпоры изготовлялись для взрослых всадников. При раскопках найдены и парные детские.

Исследованы шпоры из Минска, Полоцка, Витебска, Заславля и Маскович. Целью микроструктурного анализа было определение качества металла, установление способа крепления бронзовых проволочек и

пластинок в инкрустированных экземплярах. Шпора с шипом, в средней части которого имеется шаровидное утолщение (Минск, № 60), изготовлена из железа неоднородной зернистости с включениями шлака. Инкрустированная шпора из Полоцка также железная, после поломки была отремонтирована с использованием паяния медью. Железные структуры выявлены в экземплярах из Верхнего замка в Витебске. Среди них есть предмет с насечкой. Кричное железо со слабым и неравномерным науглероживанием, полосчатыми структурами (фото 19, *ж*), включениями соединений азота (фото 32, *ж*) употреблено для изготовления шпор, найденных на городище Масковичи. Крупные слабо деформированные включения шлака содержатся в металле шпоры № 34 из Нижнего замка в Витебске (фото 13, *в*). Из неравномерно науглероженного металла сделаны шпоры из Заславля.

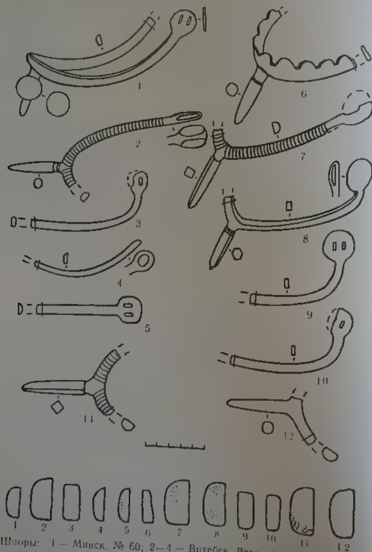


Рис. 35. Шпоры: 1 — Минск, № 60; 2—4 — Витебск, Верхний замок, № 6—8; 5 — Заславль, городище Вал, № 23, 6—12 — Масковичи, № 85, 176—181

При анализе поверхностных участков инкрустированных экземпляров, где в железной матрице имеются полоски цветного металла, следов паяния и сварки не обнаружено. Полагаем, что бронзовые проволочки и полоски были запрессованы в канавки, предварительно подготовленные на поверхностях шпор.

Удила являлись элементом сбруи как верховых, так и рабочих лошадей. Они широко бытовали на территории Полоцкой земли. Чаще всего удила состояли из двух подвижных деталей и двух колец разного диаметра и сечения в отдельных экземплярах. На городище Масковичи выявлены массивные удила с псалиями (рис. 36). Для наблюдений, как правило, подготовлялись шлифы на образцах из разных деталей удил. Анализом установлено, что в основном для изготовления удил использовалось кричное железо с невысоким содержанием и неравномерным распределением углерода, иногда применялась и сталь (экземпляр № 231 из Маскович), преимущественно сырцовая. В металле почти всегда есть включения шлака (фото 13, *ж, з*). Нередко детали одних и тех же удил сделаны из различного по содержанию углерода металла

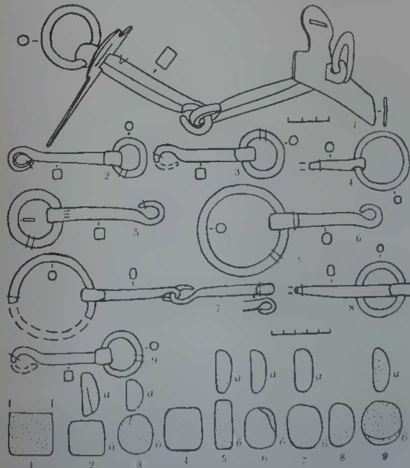


Рис. 36. Удила. 1—7, 9 - Масковичи, № 87, 91, 231, 184, 198; 8 — Заславль, городище Вал, № 24

(фото 14, з; 15, з). При изготовлении колец для данного вида продукции кузнецы использовали сварку. Сварные зоны выявлены на образцах из Маскович (№ 90 и 91). В последнем экземпляре есть зоны сильно науглероженного металла, в структуре которого перлитные участки окружены ферритом в виде рваной сетки. Содержание углерода достигает 0,6%.

Как и в удилах с территории Польши[38], в металле некоторых экземпляров имеются выделения соединений азота (нитридов).

Подковы использовались не только для защиты копыта и предотвращения падений животных во время гололедицы, но и для стабильной

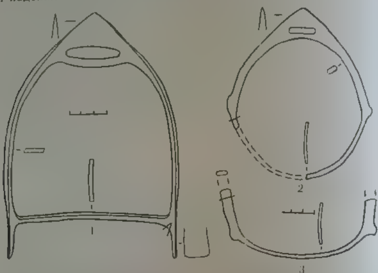


Рис 37. Стремена: 1 — Минск, № 46; 2, 3 — Заславль, городище Вал, № 25, 26

ходьбы. Эффективность использования силы лошадей в значительной степени зависела от формы подков и качественного их крепления на копыте. Исследованиями Е. Казьмерчика установлено применение подков для коней, волов, мулов и ослов[39]. Подковы были известны еще кельтам. В XI—XIII вв. в Европе бытовали четыре типа подков[40]. Для Полоцкой земли наиболее распространенным был восточный тип, хотя встречаются и другие, в том числе так называемые ледоходные шипы[41].

Микроструктурный анализ металла, употребленного для изготовления подков и ледоходных шипов, показал, что ему свойственны черты кричного железа: неоднородная зернистость, неравномерное распределение углерода, содержание шлаковых включений. Для подготовки массивных заготовок использовалась сварка нескольких кусков металла.

Стремена изготовлялись разных размеров и типов. Исследовано три предмета из этой категории (рис. 37). Стремя из Минска (№ 46) сделано из среднеуглеродистой стали (фото 16, а), содержащей шлаковые включения темно-серого цвета со светлыми выделениями. Микротвердость ферритных зерен 99 кгс/мм², перлитных — 205 кгс/мм². Экземпляры № 25 и 26 из Заславля изготовлены из неравномерно науглероженного металла. В одном случае использована заготовка, сваренная из двух пластин. Зернистость феррита неоднородная, микротвердость до 133 кгс/мм². При изготовлении стремен использовались ковка, сварка, прошивка отверстий для крепления их к седлам.

Глава III

ХАРАКТЕРИСТИКА КУЗНЕЧНОГО ДЕЛА ПОЛОЦКОЙ ЗЕМЛИ



Комплексное исследование массового археологического материала связанного с металлургией и кузнечной обработкой железа на территории Полоцкой земли, позволило представить состояние и развитие этого ремесла на протяжении почти пяти столетий. Железоделательное и металлообрабатывающее производство составляло основу экономики Полоцкого княжества и развивалось благодаря активным и прочным связям с ремесленными центрами Киевской Руси, а также других европейских стран. Кузнечное ремесло Полоцкой земли в известной мере базировалось на успехах предшествовавших племен, которые свыше тысячи лет использовали железо для изготовления орудий труда и оружия. Это касается в первую очередь племен так называемой банцеровской культуры, имеющих с исследуемым княжеством общность занимаемой территории, а также племен культур раннего железного века штрихованной керамики и днепро-двинской, которые сделали много полезного в освоении и использовании нового материала — железа.

Банцеровская культура по своему происхождению признана некоторыми исследователями балтской. Следует отметить, что не отрицается ее сложение на базе местных культур и поэтому не исключена возможность преемственности технологических знаний в металлообработке. Мирное протекание ассимиляционного процесса, связанного с продвижением восточнославянского племени кривичей и завершившегося, по мнению А. Г. Митрофанова [1], в IX—X вв., т. е. на раннем этапе истории Полоцкой земли, способствовало взаимообогащению кузнечного ремесла этих этнических формирований, развитию техники и технологии металлообработки, а также в известной степени металлургии железа. Сыродутные печи предшествующих периодов открыты на нескольких городищах — Лабенщине, Кимии, Свидно, Тербахуни [2]. Почти повсеместно на поселениях встречаются железные шлаки, что свидетельствует о переработке местных железных руд [3].

В ходе полевых изысканий получено мало материалов для характеристики добычи железа в Полоцком княжестве, однако можно полагать, что, опираясь на опыт и достижения своих предшественников, металлурги умели получать качественное кузнечное сырье. Они имели возможность совершенствовать технику восстановления металла, конструкции сыродутных печей. Совершенствование металлургической техники шло не только по линии увеличения внутренних и внешних размеров домницы, но и за счет увеличения числа отверстий для подачи дутья, рационального их расположения, как это наблюдается в болгарских горнах [4]. Западнославянские металлурги в VIII—IX вв. от одиночных перешли к комплексам сыродутных печей, сооружая их рядами на специальных

площадках. Такие объекты выявлены, например, в местности Железовице близ Штернберка (Моравия) [5]. На территории Полоцкой земли такие комплексы пока не найдены, но трудно согласиться, что этот регион был совершенно изолирован от общеевропейского процесса развития металлургии железа, очередной подъем которого приходится на период VII—XII вв.

Прогресс в металлургии не обязательно должен был сказаться на увеличении массы отдельных криц до 2—6 кг [6]. Увеличилась масса восстановленного металла за один цикл, при этом крицы могли быть небольшими. Такие куски необработанного железа найдены в Латвии, Литве, Грузии, Чехословакии и др.[7] Успехи, достигнутые в исследуемый период, не привели к изобретению способа, позволяющего максимально вовлечь в процесс кричеобразования восстановленные из руды частицы металла. Анализ показал, что куски шлака содержат немало этих частиц. Такое явление характерно не только для местной металлодобычи Оно отмечается при изучении металлургических шлаков, найденных на археологических памятниках других стран и континентов [8]. По-видимому, это неотъемлемая особенность сыродутного способа получения железа, при котором основным компонентом шлака является и закись железа. Улучшение сыродутного процесса в дальнейшем пошло по линии увеличения высоты печи и привело в его вырождению, так как создало возможность получения нового сплава — чугуна [9].

Однако чугунолитейное дело в Полоцкой земле в исследуемый период не было известно. Конечной металлургической продукцией являлись железо и сталь с различным содержанием углерода. Металлографическими исследованиями установлено, что исходное кузнечное сырье не всегда было качественным. Высокая остаточная пористость, загрязненность металла включениями шлака (фото 13), наличие полостей и раковин вызывали необходимость тщательной предварительной обработки исходного сырья. При совмещении в одном лице обязанностей металлурга и кузнеца мастер сам производил операции предварительной обработки металла, которая, как правило, ограничивалась свободной горячей ковкой, иногда сочетала в себе ковку и сварку в процессе так называемого пакетирования сырья. В ходе такой обработки металл становился плотным благодаря ликвидации пористости и прочих пустот в крице, а также деформации шлаковых включений [10]. После отделения металлургии от кузнечного ремесла (или наоборот) кузнец в результате торговли или обмена получал от металлурга товарные полуфабрикаты, которые уже прошли предварительную ковку и не нуждались в дополнительном ее проведении, а использовались непосредственно для изготовления продукции.

Элементы технологических операций

Анализ внешних форм и конструкций железных и стальных предметов параллельно с технологическим исследованием кузнечной продукции показал, что мастера Полоцкой земли широко применяли свободную горячую ковку, сварку железа и стали, термическую обработку стали, цементацию железа, пайку железа и стали, обточку на точильном круге и опиловку напильником, полировку готовых изделий, а иногда инкрустацию (насечку) и покрытие цветными металлами.

Свободная горячая ковка была обязательной операцией для изготовления каждого предмета, начиная от простого гвоздя и кончая сложными инструментами и предметами вооружения. Она состоит из ряда приемов, из которых наиболее существенными являются вытяжка, обжатие, изгиб, высадка, скручивание, осадка и др. Температура ковки, определяемая кузнецами по цветам каления визуально, находилась в интервале 900—1200 °С. При нагреве стали до температур выше 1250 °С наблюдается явление пережога. Пережженный металл — неисправимый брак[11]. Исправить его могла только переплавка, но она в исследуемый период не практиковалась. Отсутствие бракованных поковок в археологическом материале свидетельствует о том, что кузнецы Полоцкой земли не допускали пережога металла или всегда умели его исправить неизвестным способом. Они не проводили ковку даже перегретого металла, а исправляли его отжигом, так как в противном случае при микроструктурном анализе были бы выявлены предметы с трещинами и рванинами.

Другая характерная особенность перегретого металла — крупнозернистость — частое явление в структуре железа, иногда и стали. Рост кристаллов железа начинается при 750—850 °С, наиболее крупнозернистая структура получается при излишней выдержке металла в интервале 1180—1300 °С[12]. Трудно предотвратить рост кристаллов при ковке и сварке железа и стали, так как требуется высокий нагрев пластин, чтобы их надежно соединить. Необходимо учитывать влияние ликвационных процессов, которые препятствуют равномерному образованию большого количества зародышей и получению мелкозернистой структуры кричного металла. На качестве поковок сказывается и скорость их охлаждения. Крупнозернистый аустенит при любой скорости охлаждения дает крупнозернистые продукты превращения. В низкоуглеродистом металле возникает крупнозернистый феррит и большие островки перлита, в сталях с более высоким содержанием углерода перлитные участки окружает грубая ферритная сетка (фото 18, *ж*). При быстром охлаждении феррит может образовать видманштеттову структуру[13]. Эти явления наблюдаются при исследовании кузнечной продукции Полоцкой земли (фото 15, *а—г*).

Пластическая деформация правильно нагретого металла приводит к раздроблению и видоизменению первоначальной формы шлаковых включений, которыми иногда обильно насыщено кричное железо. Форма включений в поковках помогает определить качество кузнечной обработки металла. Сильно вытянутые включения, а также включения разнообразной и сложной формы свидетельствуют о том, что при подготовке металла и изготовлении изделия проведена тщательная всесторонняя ковка (фото 14, *е*; 15, *ж*; 16, *в* и др.).

Завершение ковки, как правило, происходило своевременно. Ковка остывающего металла зафиксирована лишь в нескольких экземплярах. В поверхностных слоях металла у этих предметов зерно имеет вытянутый полосчатый вид: температура на заключительном этапе ковки была ниже 800 °С.

В ходе микроструктурных наблюдений обращалось внимание не только на форму шлаковых включений, но и на их окраску. В большинстве предметов они серого или темно-серого цвета. Однако встречаются изделия, в металле которых включения двухфазного строения (фото 13, *а—г, е—з*). При исследованиях современных металлов металлографический метод анализа включений на шлифах считается наиболее удобным и простым[14]. Он применяется для определения степени загрязненности стали и чаще всего ограничивается установлением размеров и числа

включений, а затем оценки по эталонным шкалам. Изучением химического состава шлаковых включений установлено, что они преимущественно состоят из фаялита с выделившейся закисью железа в виде вытянутых зерен, иногда и в виде дендритов[15]. Исследование включений в металле старинного якоря также выявило их двухфазное строение: темное поле — фаялит, состоящий из окислов железа и кремния, светлые вкрапления — закись железа (вюстит)[16]. Рентгеноспектральный анализ химсостава на микроанализаторе показал, что серая или темно-серая фаза шлаковых включений в древних изделиях представляет собой силикаты с различным составом, черная фаза — сложные окислы или силикаты, содержащие алюминий, кальций, фосфор, светлые выделения — окислы железа или низкомарганцевые окислы железа и марганца[17].

При микрорентгеноспектральных исследованиях кузнечной продукции Полоцкой земли обращено внимание на наличие примесных химических элементов в шлаковых включениях. Зафиксировано низкое содержание марганца в однофазных темно-серых включениях и его наличие в двухфазных. Отмечена концентрация примесей никеля, меди, хрома, титана во включениях шлака. Полученные данные учитывались в комплексе с результатами микроструктурного и спектрального анализов.

Однако не только насыщенность металла включениями шлака была серьезным препятствием для кузнецов при изготовлении качественных изделий. Немало осложнений происходило по причине неравномерного науглероживания кричного железа в сыродутных печах. Низкоуглеродистый металл достаточно пластичен и хорошо куется, но сделанные из него орудия труда не обладают нужными эксплуатационными качествами. Высокоуглеродистый металл обеспечивает изделиям твердость, особенно после термической обработки, однако его труднее ковать. Так, сплав железа с 1,7% углерода уже практически невозможно ковать. Исследование сотен экземпляров разнообразной кузнечной продукции позволяет заключить, что мастера разбирались в исходном металле. Наиболее широкое применение находил низкоуглеродистый металл из-за своей пластичности в преимуществ при других операциях металлообработки, например при сварке. Наряду с железом ферритной структуры (фото 14) и низкоуглеродистой сталью (фото 15, *д—з*) употреблялась средне- и высокоуглеродистая сталь (фото 16, 17). Последняя особенно часто использовалась для изготовления рабочих частей в комбинированных предметах, хотя преимущество отдавалось среднеуглеродистой стали. Даже сталь с перлито-цементитной структурой не браковалась. Умелая ковка способствовала изготовлению из нее качественных изделий.

Наиболее часто кузнецам приходилось иметь дело с неравномерно науглероженными железом и сталью, получаемой непосредственно в сыродутных печах (фото 18). Неравномерное распределение углерода в металле связано с ликвационными процессами. Из-за ликвации в горячедеформированных железных предметах при определенных скоростях их охлаждения образуются полосчатые структуры, которые отрицательно влияют на качество стали[18]. Возможно, что в некоторых орудиях труда, особенно во второстепенных видах продукции, не испытывавших в процессе эксплуатации больших нагрузок, структурная полосчатость металла не давала о себе знать. При микроструктурном изучении она всегда осложняет исследования. После травления ниталем или реактивом Оберхоффера полосчатость структуры может быть принята за пакет, сваренный из чередующихся пластин железа и стали.

Отмеченная структура выявлена в ножах из Полоцка, Логойска, Лукомля, а также в других предметах (фото 19).

Кузнечная сварка — вторая по мере использования при металлообработке технологическая операция, выявленная в результате металлографических исследований железных предметов Полоцкой земли. Она применялась при так называемом пакетировании сырья, но наиболее рельефно мастерство кузнецов выступает при конструкционной сварке железа со сталью в различных категориях кузнечной продукции. Несмотря на то что сталь с содержанием углерода свыше 0,4% плохо сваривается с железом, почти всегда в таких случаях наблюдаются качественные сварные швы. Как известно, сварка производилась с предварительным нагревом в зоне высоких температур, которые практически определялись по цветам каления. Оптимальные температурные режимы различны для железа и разных сортов стали. Так, если для сварки стали с содержанием углерода 0,8% необходим нагрев до 1250 °С, то для сварки железа — около 1400 °С. Трудности соединения железа с высокоуглеродистой сталью заключаются прежде всего в раздельном нагреве пластин до соответствующих температур.

Наиболее часто практиковалась сварка железа со среднеуглеродистой сталью при оптимальном режиме в пределах 1300—1350 °С. Поэтому нагрев осуществлялся в защитной атмосфере с использованием спекающихся углей [19]. Кроме того, для предохранения от пережога и удаления окалины свариваемые места посыпались флюсами. Чаще всего в качестве флюсов употреблялись кварцевый песок, поваренная соль, порошок буры или толченое стекло, которые образуют шлак, связывающий окислы железа [20]. Повышенная концентрация никеля, других примесных химических элементов, выявленная в ходе микрорентгеноспектрального анализа в сварных швах некоторых предметов, заставляет предположить использование кузнецами специальных никельсодержащих флюсов [21].

Вид сварных швов бывает самым различным (фото 20—27). Когда швы хорошо прослеживаются, легко констатировать факт применения сварки при изготовлении того или иного предмета. Однако нередко полосчатые структуры и диффузионные процессы осложняют идентификацию данной технологической операции. В таких случаях автор обращался к предложенным Е. Пясковским критериям для определения сварки [22], иногда проводились исследования на микрозонде с целью установления характера распределения примесных элементов. Следует отметить, что специальный технологический прием, применявшийся кузнецами Волковыска для надежного соединения железа и стали, выявить не удалось. Он состоял в использовании прослоек железа, которые под действием реактивов не травятся. Эти прослойки имеют толщину 1,5—2 мм и после травления шлифов хорошо видны невооруженным глазом как блестящие полоски [23]. Возможно, такой способ сварки не был известен мастерам Полоцкой земли. При этом сварные швы, не поддающиеся действию травителей и наблюдающиеся в виде светлых полосок на фоне шлифов, встречались часто (фото 20, *в*, *г*; 22, *д*; 23, *б*, *в*; 25, *б*, *г*, *з* и др.).

На исследуемой территории практиковалось пакетирование сырья, сочетавшее ковку и сварку металла. Особенно много предметов в представительной коллекции из городища Масковичи имеют следы этой технологии. Многослойные заготовки широко использовались при изготовлении таких категорий кузнечной продукции, как топоры, тесла, ножи, косы, кресала и др. (фото 26, 27). Немало изделий, сделанных по дан-

ной технологии, получено при раскопках городища и посада в Лукомле. Причем пакетированию подвергался не только низкоуглеродистый металл, но иногда и сталь, что видно на примере ножа № 31 из лукомльского городища (фото 27, *д*). Аналогичная псевдопакетная структура со следами термической обработки выявлена в ноже № 32 из Нижнего замка в Витебске (фото 27, *ж*). Многослойные изделия имеются среди археологических материалов с селища на р. Менке и других поселений. Исследования псевдопакетных предметов на микрозонде убеждают в неправомерности объяснения многослойности «пакетного» металла использованием кусков металлического лома, соединенных путем сварки. Не исключено, что иногда шел в дело и металлолом. Возможно, таким образом в «пакет» попала тонкая полоска стали (фото 27, *з*). Однако чаще всего многослойные структуры являются результатом специальной обработки исходного сырья.

Высокое мастерство горячей конструкционной сварки демонстрируют изделия, сделанные по схеме трехполосного пакета, а также предметы с наваренными стальными рабочими частями на железную основу лезвия. Как и в Новгороде Великом [24], трехполосная схема была наиболее часто применяема кузнецами Полоцкой земли в X—XI вв. и с XII в. стала постепенно вытесняться упрощенной схемой наварки стальных полос в качестве режущих кромок изделий. Микроструктурное исследование обнаружило качественное соединение железных полос со средне- и высокоуглеродистой сталью (фото 20). Наряду с рациональной схемой комбинирования железа и стали, рассчитанной на длительную службу орудий труда с самоподзатачиванием их лезвий, прочные сварные соединения являются одним из доказательств высокого качества кузнечной продукции, что относится ко всем пакетным изделиям из Полоцка, Витебска, Заславля, Лукомля, селища на р. Менке и др. Исключением можно считать нож № 2 из кургана близ д. Глинище, на макроструктуре которого (фото 7, *б*) видны не совсем удачные сварные швы. Их вид мог быть частично усугублен коррозионными процессами при многовековом нахождении ножа в земле.

Изготовление пакетных ножей осуществлялось не по строго одинаковой технологии, хотя принцип трехполосной схемы соблюден. Так, в экземплярах из Витебска, Закурья и Лукомля одна или обе боковые полосы имеют многослойную структуру. Это значит, что железные пластины обработаны способом пакетирования кричного сырья. Разнообразие сварных швов может служить доказательством различия не только в сварочной технологии и химическом составе применяемых флюсов, но и индивидуальности «почерка» отдельных мастеров. Производство пакетных ножей путем сварки железных и стальных полос было развито на всей территории Киевской Руси, в Латвии, Литве, Центральной Европе [25]. В Закавказье трехполосная сварка выявлена в предметах, датируемых первой половиной I тысячелетия н. э.[26] Синхронные нашим трехполосные изделия бытовали в Болгарии [27], Германии [28] и других странах.

Переходная схема от трехполосного пакета к наварке, при которой между железными пластинами вваривалась полоса не на всю ширину лезвия до самой спинки, а на одну треть и выходила на режущую кромку, выявлена в ноже № 9 с селища на р. Менке, в ноже № 7 из Нижнего замка в Витебске, в экземплярах из других памятников (фото 8, *5*, *8*). Возможно, к данной схеме следует отнести изделия, в которых стальная полоса несколько миллиметров не доходит до спинки, как, например, в ноже № 11 из Витебска, экземпляре № 70 из Масковичи и

др. (фото 21). При изготовлении комбинированных предметов кузнецы иногда допускали ошибки при подборе металла. Так, нож № 45 из Масковичей имеет вваренную рабочую часть той же структуры, что и основа лезвия (фото 21, *д*). В большинстве случаев при вварке наблюдаются качественные сварные швы, обеспечивавшие прочное соединение железа и стали.

Большое число кузнечных изделий Полоцкой земли имеет наваренные на железную основу стальные рабочие части лезвий. Технологическая схема наварки была широко распространена на исследуемой территории в XII—XIII вв. Ее использовали кузнецы и в последующие столетия. Наряду с торцевой встречается косая наварка. В некоторых экземплярах на поперечных сечениях сварной шов приобрел вид «уголка» с вершиной, направленной в сторону режущей кромки. Встречаются швы, деформированные в процессе дальнейшей пластической обработки сваренных между собой железных и стальных пластин. Как и при других технологических схемах, в наваренных лезвиях сварные швы разнообразные (фото 22—25). В основном они чистые, содержат незначительное количество мелких включений флюсов и окалины. Одни из них не поддаются действию травителей и наблюдаются в виде светлых полосок, другие имеют вид тонких «пленок», третьи выделяются на фоне шлифа благодаря полученной при полировке рельефности, четвертые заметны в связи с наличием характерной цепочки мелких включений флюсов и окалины, пятые хорошо видны и на макрошлифе из-за четкой границы между железной и стальной частями лезвия предмета, если она не размыта диффузионными процессами и т. д. В большинстве случаев произошла диффузия углерода из стальной пластины в железную. Часто она незначительная, но иногда настолько сильная, что затрудняет идентификацию технологии наварки.

Технологическая схема наварки стального лезвия на железную основу обнаружена в кузнечной продукции из многих памятников Полоцкой земли — Полоцка, Минска, Витебска, Лукомля и других, особенно в предметах, относящихся ко второй половине изучаемого периода. Наварка практиковалась прежде всего в ножах, топорах, теслах, затем в серпах, косах и других изделиях. Аналогичная технология изготовления орудий труда и оружия была распространена не только на нашей территории, но и на огромных пространствах Евразии. И городское, и сельское население древнерусского государства пользовалось орудиями труда с наваренными стальными режущими частями [29]. Так, серпы из подмосковного города Серенска при металлографическом исследовании обнаружили только одну технологию изготовления — наварку [30]. Эта схема выявлена в большинстве ножей, найденных на замке и посаде древнего Любеча [31]. Доля наварных ножей с территории Польши к общему числу этой категории кузнечной продукции составляет около 62% [32]. Технология наварки часто использовалась кузнецами Прибалтики [33]. Наряду с массовым производством цельностальных предметов наварку иногда применяли кузнецы южной Сибири [34]. Практиковали наварку стальных лезвий на железную основу изделий и чжурчжэньские мастера на Дальнем Востоке [35].

Комбинированные железно-стальные изделия выгодно отличаются от цельножелезных и цельностальных. В них, как правило, всегда целесообразное размещение твердого и мягкого металла. Твердый металл выполнял функцию резания, мягкому железу отводилась вспомогательная роль. В трехполосных пакетных предметах при эксплуатации боковые вязкие пластины обеспечивали прочность хрупкой стальной закаленной полосы и, постепенно истираясь в рабочей части, способствовали самозатачиванию лезвия. Распределение твердости в трехполосных ножах показано на рис. 38. Характер распределения твердости в ноже № 14 с селища на р. Менке обусловлен местной закалкой рабочей части лезвия. Аналогичное распределение твердости имеет место в орудиях труда и инструменте с вваренными стальными рабочими частями лезвий (рис. 39).

Технология наварки давала кузнецу возможность еще больше варьировать размещение твердого и мягкого металла в изделиях. Встречаются предметы с наваренными дважды стальными лезвиями, а также с наваренными стальными полосами на рабочую часть и спинку. Нередко практиковалась наварка стальных лезвий на многослойную железно-стальную основу. Для основы лезвий использовался металл, обработанный способом пакетирования сырья. Неравномерное распределение твердости в наваренном стальном лезвии ножа № 9 из Минска (рис. 40, *а*) объясняется неоднородным распределением углерода в металле и применением локальной закалки режущей кромки. Несмотря на двойную наварку и узорчатую основу, распределение твердости в ноже № 22 из Нижнего замка в Витебске аналогично большинству предметов, сделанных по технологии наварки.

Высокого мастерства кузнецы достигли при производстве узорчатых (дамасских) орудий труда и оружия. По мнению А. К. Антейна, сварной дамаск возник в результате попыток древних мастеров имитировать настоящую булатную сталь путем складывания или сплетения в один жгут стальных и железных лент или проволоки, затем кузнечной сварки их между собой в монолитную заготовку для изготовления определенного изделия [36]. Исследователь провел серию удачных экспе-

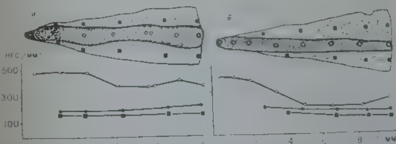


Рис. 38. Распределение твердости в трехполосных ножах: *а* — нож № 10 из Верхнего замка в Полоцке, *б* — нож № 14 с селища на р. Менке

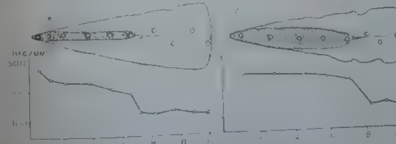


Рис. 39. Распределение твердости в ножах с вваренными стальными рабочими частями: *а* — нож № 9 с селища на р. Менке, *б* — нож № 5 из Нижнего замка в Витебске

риментов и получил заготовки узорчатой структуры. В ходе изучени
археологических материалов с памятников Прибалтики он выявил бо-
лее 230 наконечников копий XI—XIV вв. с узорчатым пером [37]. Е. Пяс
ковский считает, что к «дамасским» следует относить предметы, при
изготовлении которых сваренные прутки железа и стали подвергались
операциям скручивания и специальной пластической обработки для
получения волнистого узора, поэтому он не склонен признать дамаски-
ми большое количество наконечников копий, найденных в республиках
Советской Прибалтики [38].

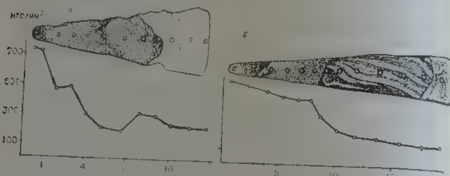


Рис. 40. Распределение твердости в ножах с наваренными стальными лезвиями а —
нож № 9 из Минска, б — нож № 22 из Нижнего замка в Витебске

Наиболее часто дамасские лезвия встречаются в такой категории
кузнечной продукции, как мечи [39]. Б. А. Колчин выявил дамасскую
структуру в мече из Гнездовских курганов близ Смоленска [40]. Анало-
гичная технология применялась не только при производстве оружия
Среди новгородских ножей имеется экземпляр с узорчатым лезвием [41]
В Центральной Европе обнаружено много ножей, изготовленных по
схеме узорчатого дамаска. Р. Плейнер на карте иллюстрирует девять
пунктов, в которых найдено по одному экземпляру, четыре памятника
на территории Чехословакии и Польши дали по нескольку ножей с
узорчатыми лезвиями [42]. В экземпляре из поселения у Мутеёвиц
(ЧССР) спинка сделана из слабо и неравномерно науглероженного
железа, затем по направлению к режущей кромке идет полоса, выпол-
ненная из скрученных и сваренных прутков железа и стали, далее
опять светлая железная полоса и наконец твердое стальное лезвие [43].
Семь узорчатых ножей обнаружено при металлографическом изучении
раннесредневековых кузнечных изделий из Вроцлава [44].
Полоцкая земля не составляла исключения в отношении использо-
вания сложных технологических схем и вариантов, применявшихся ев-
ропейскими кузнецами. В ножах из Полоцка, Витебска, Минска, Лу-
комля в ходе анализа выявлены узорчатые лезвия (фото 11), которые
по характеру рисунка на поперечном сечении предмета близки к ва-
риантам с других территорий. Так, в экземпляре № 22 из Нижнего
замка в Витебске спинка представляет собой полосу неравномерно
науглероженного псевдопакетного металла, затем идет полоса много-
слойной структуры с относительно равномерной укладкой слоев и на
рабочей части размещена термообработанная сталь. В ноже № 11 из
Минска стальные рабочая часть и спинка наварены на узорчатую ос-
нову со своеобразной укладкой железных и стальных слоев. Разнооб-

разные узоры наблюдаются в лезвиях других предметов. Многочислен-
ные сварные соединения в данных изделиях достаточно качественны.
Не совсем удачный сварной шов выявлен только в ноже № 11 из Мин-
ска, выполненный при наварке лезвия.
В современных изделиях сварные швы нередко являются концен-
траторами напряжений в металле, очагами коррозионных процессов.
На примере сварных соединений, обнаруженных в ноже № 1 из Витеб-
ска (Нижний замок), можно проиллюстрировать высокое качество
швов, их чрезвычайную устойчивость против действия коррозии. На
фото 25, г показан участок шлифа, на котором хорошо видно, что кор-
розия разрушила и стальную и железные пластины трехполосного из-
делия, сварные швы еще наблюдаются на фоне окислов.
Кроме отмеченной продукции горячая сварка широко применялась
при изготовлении удил, различных колец, втулок наконечников копий
и стрел, вток, стремен и т. д.
Горновая пайка широко использовалась при производстве сложной
продукции — навесных замков, ключей к ним. Исследовано пять зам-
ков из городища Масковичи и по одному экземпляру из Витебска и
Прудников. Во всех замках выявлены паяные соединения отдельных
деталей с основой (дужкой) предмета. В ключе из Витебска детали
также спаяны со стержнем. Качество паяных соединений видно на
микроснимках (фото 28). Неудачные швы обнаружены только в замке
№ 111 из Маскович и в ключе из Витебска, хотя их вид усугублен кор-
розионными процессами. В большинстве случаев паяные швы выпол-
нены квалифицированно и обеспечивали прочность конструкций.
Пайка — процесс соединения металлов в твердом состоянии путем
введения в зазор припоя, взаимодействующего с основным металлом
и образующего жидкую прослойку, кристаллизация которой приводит
к образованию паяного соединения. Она проводится в температурном
режиме около 1150 °С и выдержке 1 мин с использованием в качестве
припоя меди. Спектральный анализ паяных швов не проводился, но
металлографические наблюдения позволяют предположить, что пре-
имущественно медь с небольшими примесями применялась мастерами
Полоцкой земли для паяния. Они хорошо знали о свойствах меди, ко-
торая в расплавленном состоянии обладает высокой текучестью и бла-
годаря эффекту смачивания железных поверхностей затекает в тон-
чайшие зазоры (фото 28, *д, е*) и дает прочные и пластичные паяные
соединения [45].
Технологическая последовательность проведения операций пайки
начиналась с подготовки поверхностей металлов для удаления окисных
пленок и активации их специальными веществами. Затем фиксирова-
лись детали на своих местах и в нужных положениях закреплялся
припой. После помещения конструкции в горн и достижения необходи-
мой температуры происходило взаимодействие основного металла с
расплавом припоя, после извлечения из горна — кристаллизация пая-
ного шва при охлаждении на воздухе. Наиболее прочное соединение
обеспечивается диффузионным проникновением жидкой меди в железо
в основном по границам зерен. Глубина проникновения зависит от вы-
держки при температуре пайки. Замечено, что кузнецы использовали
пайку при соединении низкоуглеродистого металла. Вероятно, они эм-
пирически убедились, что пайка высокоуглеродистой стали неэффек-
тивна, как установлено в наше время, по причине слабого проникнове-
ния меди по границам зерен аустенита.
Горновая пайка получила широкое распространение в технологии

металлообработки на всей территории древнерусского государства и и за его пределами [47].

Цементация — целенаправленное насыщение железа углеродом для получения твердых рабочих частей орудия труда, инструмента, бытовых предметов при сохранении вязкой и прочной основы этих предметов. Ее практиковали кузнецы Полоцкой земли как для химико-термической обработки заготовок, предназначавшихся на рабочие части комбинированных изделий, так и для цементации определенных зон предметов на заключительном этапе их изготовления. Она была известна мастерам в области обработки железа на всей территории древнерусского государства [48], а также в отдаленных регионах [49].

Факт цементации установить не всегда легко. Металлографическое изучение кричного железа и готовых изделий из него, датированных разными периодами использования черных металлов, убеждает в том, что характерным и распространенным явлением при сыродутном производстве металла было неравномерное распределение углерода. Так, анализ железного дюбеля, которым скреплялись барабаны колонн в храме Артемиды ■ Магнезии (II в. до н. э.), обнаружил высокоуглеродистые участки на фоне металла ферритной структуры [50]. Подобные аномалии можно наблюдать и в исследованных нами предметах. Ряд структур, идентифицированных как цементация поверхностей изделий, представлен на фото 29. Науглероженные участки на фоне металла преимущественно ферритной структуры, локализующиеся в таких местах изделия, которые не поддаются технологическому обоснованию, могут быть причислены к случайному науглероживанию в процессе восстановления железа из руды в сыродутной печи. Интерпретация усложняется в тех случаях, когда науглероженный участок оказывается на режущей кромке орудия труда. Его легко принять за цементацию рабочей части предмета.

Предложенные Р. Плейнером и Е. Пясковским критерии для определения цементации [51] обращают внимание исследователя на основные признаки, по которым можно установить, использована данная технологическая операция при изготовлении конкретного изделия или нет. Иногда одного образца бывает недостаточно, так как только критерий повторяемости может внести ясность, т. е. вид структуры цементованной рабочей части предмета будет аналогичным на двух-трех образцах, взятых параллельно на режущей кромке. В таком случае можно с уверенностью говорить о применении кузнецом данной операции [52].

По наблюдениям В. Д. Гопака, цементация ножей славянскими
мастерами практиковалась редко [53]. Как правило, она проводилась с
применением поверхностной науглероженности всего лезвия или толь-
ко рабочей части ножа [54]. Речь идет об использовании цементации в
последние века I тысячелетия — начале II тысячелетия н. э. В это вре-
мя на территории Польши, например, цементация была распростране-
на гораздо шире. Среди раннесредневековых ножей 19,7% предметов
данной категории — цементованные [55].

В ходе микроструктурного изучения кузнечной продукции сложи-
лось мнение, что на протяжении истории Полоцкой земли цементация
никогда не преобладала над другими операциями металлообработки.
Более того, не выявлено ни одного предмета, лезвие которого имело бы
всестороннее насыщение углеродом. Как правило, практиковался наи-
более рациональный прием — локальная цементация рабочих частей
орудий труда. Преуспевали в этом деле кузнецы Лукомля и Масковичей.
В цементационных слоях преобладали феррито-перлитные структуры.

Не обнаружено ни одного экземпляра, ■ котором бы приповерхностный слой имел высокую концентрацию углерода с выделением карбидов. Наблюдаются различные по глубине насыщения углеродом зоны. В ножах № 6 из Полоцка, № 3 из Минска, № 18 с селища на р. Менке, № 5 из Старо-Борисова и других цементованы лезвия почти на всю ширину, за исключением спинки. В ножах № 30 из Витебска, № ■ с селища на р. Менке, № 7 из городища ■ Лукомле и других цементованы в основном только режущие кромки. На разную глубину произошла диффузия углерода при односторонней цементации лезвий. Следует отметить, что определенными препятствиями для диффузионных потоков служили включения шлака (фото 29, *в*).

Если на раннем этапе металлообработки в Полоцкой земле еще было оправдано использование трудоемких операций цементации, то с внедрением схемы наварки стальных рабочих частей на железные основы лезвий, по нашему мнению, отпала необходимость в проведении вторичного науглероживания. Проще было приварить стальную полосу и не тратить время на химико-термическую обработку изделия. В зависимости от степени насыщения металла углеродом эта обработка длилась много часов при температуре около 950 °С. По-видимому, в преобладании технологии наварки заключается главная причина редкого использования операций цементации в XII—XIII вв.

Термическая обработка сталей — одна из наиболее часто применявшихся технологических операций в металлообработке Полоцкой земли. Исследования Б. А. Колчина показали, что из 214 древнерусских изделий со стальными лезвиями или приваренными рабочими частями лезвий термообработку прошли 195 предметов [56]. Это означает, что закалке подвергалось свыше 90% ответственной кузнечной продукции. Причем часто закалке сопутствовал отпуск для снятия напряженных состояний ■ металле. В наших материалах количество незакаленных изделий также незначительно (около 10%). Имеются ■ виду такие изделия, эксплуатационные особенности которых требовали наличия у предмета твердых режущих кромок и рабочих частей, а также изготовленные из стали, способной принять структуры закалки: мартенсит, троостит и сорбит.

При проведении анализов было замечено, что, как и отмечалось
в литературе [57], фазовые превращения в сталях ■ невысоким содержа-
нием углерода не всегда сопровождались высокой твердостью мартен-
сита, хотя именно данный показатель является характерной особен-
ностью этой структурной составляющей термообработанных изделий.
Судя по структурам закалки, подавляющая масса продукции нагрева-
лась под закалку до 950 °С. Только наличие в некоторых экземплярах
крупноигольчатого мартенсита позволяет заключить, что температура
нагрева была выше указанной. Структуры троостита и сорбита закал-
ки свидетельствуют о применении специальных сред, дающих более
медленное охлаждение. Для этих целей использовались растительное
масло, животный жир, кровь, подогретая вода и др. Высокая твердость
мартенсита в некоторых кресалах указывает на то, что охлаждение
при закалке происходило в холодной воде.

Большое количество термообработанных изделий находилось в от-
пущенном состоянии. Структуры закалки с отпуском образуются тог-
да, когда закаленный предмет нагревают вторично до соответствую-
щих температур и медленно охлаждают. Мартенсит отпуска получает-
ся при охлаждении после нагрева не выше 300 °С, в результате чего
игольчатая структура стали полностью сохраняется, но иглы становит-

ся менее резкими. Для получения структур троостита и сорбита отпуска применяется более высокий нагрев — 500—650 °С.

Важной особенностью исследуемой кузнечной продукции следует признать локальную закалку рабочих частей орудий труда. В трехполосных пакетах, в изделиях с наваренными стальными полосами местная термообработка происходила как бы сама собой. Стальные пластины принимали закалку, железные оставались по-прежнему мягкими. Хорошо понимая процесс, мастер помещал комбинированные изделия в охлаждающую жидкость целиком. Это наблюдалось на предметах, железная основа лезвия которых имеет в результате неравномерного науглероживания островки с повышенной концентрацией углерода. Наряду со стальной рабочей частью они также приняли структуры закалки. Примером может служить нож № 3 из Старо-Борисова и некоторые другие предметы этой категории. В ножах № 3 из городища в Лукомле, № 8 из Маскович такие зоны вблизи спинки приобрели структуры закалки, в то время как слабо насыщенные углеродом рабочие части остались незакаленными.

Однако примеров удачно проведенной термической обработки несравнимо больше, чем неудачных. Структуры некоторых термообработанных изделий представлены на фото 30 и 31. Преобладающее большинство структур закалки выявлено в комбинированных предметах. Количество цельностальных закаленных изделий невелико: серп из Слободки, два ножа из городища в Лукомле, один с селища на р. Менке и др. Необходимо отметить, что в ножах из Минска и Маскович, в которых наварена широкая стальная полоса, занимающая около 2/3 ширины лезвия, термообработке подвержена только режущая кромка и металл на небольшом удалении от нее. В этих изделиях отчетливо наблюдается локальная обработка с избирательной закалкой зон наварных стальных рабочих частей. Четкий вид приобрела местная закалка в серпах из Лукомля и Витебска, в косах из Маскович и селища на р. Менке, в других орудиях труда из памятников Полоцкой земли.

Следует отметить, что ремесленники одних поселений практиковали закалку стальных изделий полностью, а других — термообрабатывали их преимущественно только в зоне режущих кромок. Такое явление наблюдал и В. Д. Гопак при анализе кузнечной продукции уличских мастеров [58].

Древнерусские письменные источники не содержат подробных описаний техники термической обработки стали. В сообщениях Теофила содержатся данные, позволяющие судить о широком наборе охлаждающих жидкостей, использовавшихся при закалке в XI—XIII вв. [59] И позднее к выбору подходящей охлаждающей среды мастера всегда относились скрупулезно [60].

Покрытие изделий цветными металлами практиковалось мастерами Полоцкой земли, хотя и не широко. Большое значение придавалось подготовке поверхностей, которая включала обточку на круге, опиловку напильниками, полировку, а также обработку специальными растворами. Еще предстоит провести анализ химического состава покрытий, чтобы выяснить, какие сплавы использовались для этих целей. Предварительные данные показали, что для покрытия замков и ключей наиболее часто применялись сплавы на основе меди. Покрытие наносилось на поверхность, вероятно, в результате погружения предмета в ванночку с расплавленным металлом. Заметим, что мастера почти всегда добивались прочного соединения покрытия с черным ме-

таллом. Об этом говорят хорошо сохранившиеся покрытия на различных изделиях, в том числе и на большом ключе из Минска (рис. 31, *14*).

Инкрустация (насечка) встречается на мечах, наконечниках копий, шпорах, ножах и др. По наблюдениям А. Н. Кирпичникова [61], меч из Полоцка имеет сложную отделку рукояти. На заранее подготовленную бороздчатую поверхность нанесено путем различных комбинаций множество тончайших полосок меди, латуни и серебра. Однако эту сложную и трудоемкую технику нельзя приписать местным мастерам, поскольку надпись на лезвии меча (рис. 34, *3*) свидетельствует об изготовлении данного предмета на территории Франции [62]. Возможно, на месте сделан наконечник копья, втулка которого украшена орнаментом в технике инкрустации серебром. Он найден Э. М. Загорульским в городском слое Минска и датируется XII—XIII вв. [63] Однако не исключено его производство за пределами исследуемой территории. В Прибалтике найдено более 25 наконечников копий с посеребренными втулками и орнаментом на них. Спектральный анализ позволил А. К. Антейну прийти к заключению о местном производстве этих предметов [64].

Среди исследованных нами изделий элементы инкрустации (насечки) имеются на шпорах и ножах. Так, шпоры № 17 из Полоцка и № 7 из Верхнего замка в Витебске инкрустированы по внешним поверхностям тонкими пластинками из медного сплава. Аналогичные украшения выявлены на экземплярах из городища Масковичи. В некоторых ножах из Лукомля, Заславля, Маскович длинные пластинки цветного металла помещены в канавки, сделанные на лезвиях вблизи спинки и вдоль нее, в то время как в ноже № [illegible] из городища Вал в Заславле пластинки размещаются на спинке в поперечных канавках.

Для установления способа закрепления пластинки или проволоки в канавках большое внимание уделялось переходным зонам с выведением их на поверхность шлифов. Если крепление пластинок в канавках осуществлялось пайкой с использованием легкоплавких припоев, при металлографическом исследовании были бы обнаружены швы. О сварке железа с цветными металлами говорить не приходится. Скорее всего, пластинки или проволока запрессовывались в заранее подготовленные канавки. Учитывая большое количество полосок на поверхностях шпор и других предметов, можно представить, насколько трудоемкими были операции инкрустации. Несмотря на последствия коррозионных процессов, пластинки из цветных металлов прочно держатся и после полировки поверхностей изделия придают ему прежний нарядный вид.

Нитриды нередко встречаются в исследованных предметах. Концентрация соединений азота в металле не дает оснований констатировать использование мастерами Полоцкой земли технологических операций азотирования железных изделий с целью повышения твердости их рабочих частей. Лишь в отдельных экземплярах универсального инструмента из Лукомля характер выделения нитридов на рабочих частях позволяет с осторожностью предположить применение азотирования. Так, в ноже № 35 из городища в Лукомле выделения соединений азота наблюдаются в наваренной железной полосе, что может расцениваться как технологический замысел кузнеца, но не исключается элемент случайности. Труднее найти обоснование целесообразности использования железных пластин с нитридами в трехполосном ноже из кургана близ д. Глинище Полоцкого района. В предмете, рассчитанном на самозатачивание лезвия, лучше иметь мягкие боковые полосы.

Изучение большой коллекции железных предметов из городища

Масковичи показывает, что наличие соединений азота в металле характерно не только для орудий труда и инструментов. Эти включения обнаружены также в удилах № 87 и 88, в рыболовной блесне № 92, в деталях замков № 109 и 110, ключе № 117 и др. Если в категориях орудий труда азотирование было бы оправдано с точки зрения технологии, то в удилах, замках, ключах применение этой операции не вызывалось необходимостью при эксплуатации. Можно полагать, что содержание нитридов в металле является результатом выдержки его в виде исходного сырья или готового предмета в азотсодержащих субстанциях при определенных температурах. Известно, что максимальная растворимость азота в феррите при температуре 590 °C равна примерно 0,1%. Во время старения в интервале температур 200—300 °C он выделяется в виде игл различной длины[65]. Не следует забывать о возможном появлении нитридов в связи с подачей в домницу сырого воздуха, использовании минерального и органического сырья для восстановительного процесса.

При металлографическом анализе железных орудий труда и оружия из погребений с трупосожжением Р. Плейнер часто наблюдал в металле выделения нитридов[66]. По подсчетам Е. Пясковского, нитриды встречаются в 32,5% железных предметов, полученных при раскопках подклешевых погребений, а в изделиях из черных металлов поморской культуры превышают 50%[67]. Нож из Глинища найден в кургане с трупосожжением. Появление в нем нитридов объясняется различными условиями нагрева и остывания в кремационном костре. Выделению нитридов способствует медленное остывание. Это еще одно предположение о причинах выделения соединений азота в археологических находках.

Исследования А. Мазура и З. Мазура на оптическом и электронном микроскопах железных предметов, содержащих нитриды, по аналогии с результатами других работ позволили установить типы соединений азота, а также сделать вывод, что крупноигольчатые нитриды $\gamma' Fe_4N$ выделились при медленном остывании предмета после ковки, мелкие нитриды $\alpha'' Fe_8N$ являются последствием многолетнего низкотемпературного старения[68]. Заметим, что в ноже из Витебска выявлены как крупноигольчатые, так и мелкие нитриды (фото 32, *г*).

Развитие кузнечной технологии

Технологическое исследование кузнечной продукции Полоцкой земли позволило представить процесс становления и развития железообрабатывающего ремесла. Как отмечалось, становление происходило на сравнительно прочной базе кузнечной техники балто-славянского ремесла многих предшествовавших поколений. Техника металлообработки, объединив опыт и мастерство представителей двух этнических формирований, стала подниматься на новый, качественно высокий уровень. Если технология орудий труда третьей четверти I тысячелетия н. э. достаточно проста, как об этом свидетельствуют результаты металлографического анализа железных предметов из городища Лужесно Витебского района, то в древнерусский период изделия кузнецов достигают технологического совершенства. Важно отметить, что по сложным технологическим схемам и вариантам изготовлены не отдельные предметы, а целые категории универсальных инструментов, сельскохозяйственных орудий, предметов вооружения, бытовых изделий.

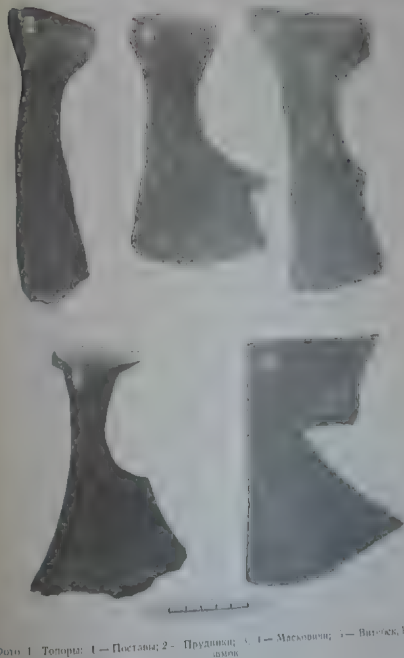


Фото 1. Топоры: 1 — Поставы; 2 — Прудники; 3, 4 — Масковичи; 5 — Витебск, Нижний замок

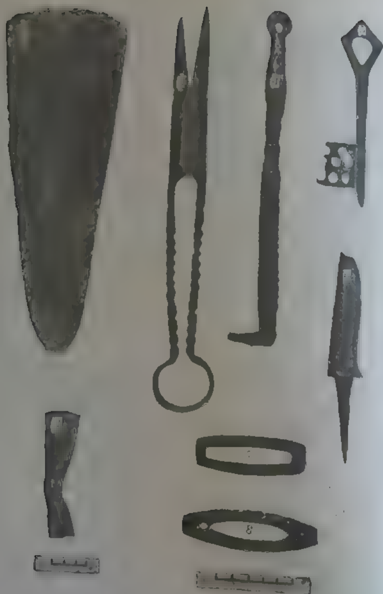


Фото 2. Орудия труда, бытовые предметы: 1 — сошник из Заславля; 2 — тесло из Минска; 3—8 — ножницы, ключи, нож и кресала из Маскович



Фото 3. Наконечники копий и навершия булав: 1 — Минск, 2, 3 — Заславль; 4—7 — Масковичи

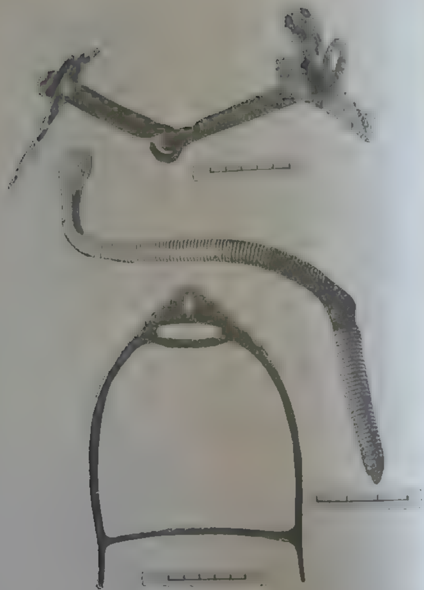


Фото 4. Удила из Маскович (1), шпора из Полоцка (2) и стремя из Минска (3)

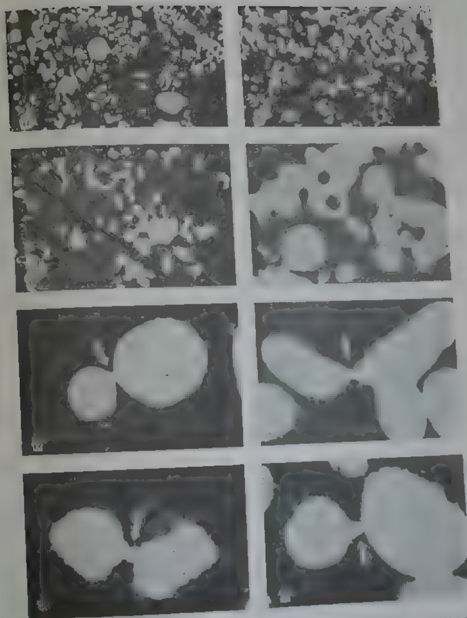


Фото 5. Микрочастицы восстановленного железа, выявленные в кусках шлака из городищ Дивное, Дубовое, Ратьково. Стрелками показаны мостики между частицами. Увеличение: а, б — 100×; [illegible] 500×; [illegible] 1000×.

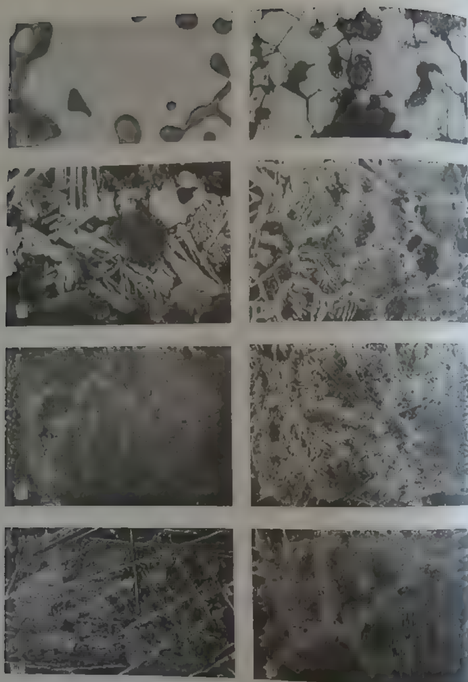


Фото 6. Микроструктуры исходного металла: а, б — ферритные структуры в конкрециях и шлака (Дивное, Дубовое), 100×; в, г — феррито-перлитные (видманштеттовые) структуры в конкрециях из Заславля и Дивного, 200×; д — перлит в конкреции из Заславля, 500×; е—з — перлит и цементит в конкрециях из Заславля и Раковок, ув. е, ж — 200×, з — 500×



Фото 7. Макроструктуры трехслойных ножей: 1 — Полоцк, № 10; 2 — Витебск, Нижний замок, № 27; 3 — Слободка, № 1; 4 — Заборье, № 1; 5 — Витебск, Нижний замок, № 3; 6 — Глинище, № 2; 7 — Лукомль, селище, № 12; 8, 9 — Менск, № 10, 11; 10—12 — Заславль, городище Замэчак, № 3, 14, 15. Увеличение около 10×. Темные полосы — сталь, светлые — железо



Фото 8. Макроструктуры трехполосных ножей и ножей с вваренными сталь... рабочими частями: 1—3 - Менка, селище, № 39—41; 4 — Ратюньки, № 1; 5 — М... селище, № 9; 6 - Минск, № 28; 7, 8 — Витебск, Нижний замок, № 7. 11 Ув... ние около 10×

Фото 9. Макроструктуры изделий с наваренными стальными ... Засл... нож № 2; 2, 3 — Минск, ножи № 2, 13; 4, 6 — ... посад, нож № 8, 7 — Копысь, нож № 4, ... 11—13 — Менка, селище, нож № 4, ...

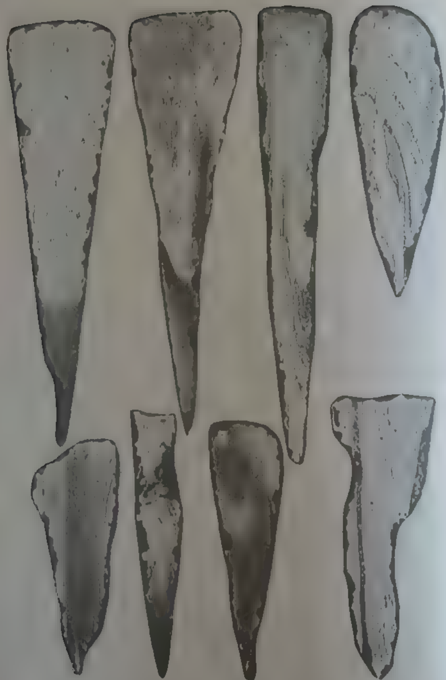


Фото 10. Макроструктуры ножей с различной технологией изготовления. 1, 8 — Витебск, Нижний замок, № 23, 24, 2 — Масковичи, № 143; 3, 4, 6, 7 — Минск, № 12, 27, 25, 19; 5 — Менка, селище, № 13. Увеличение около 10×

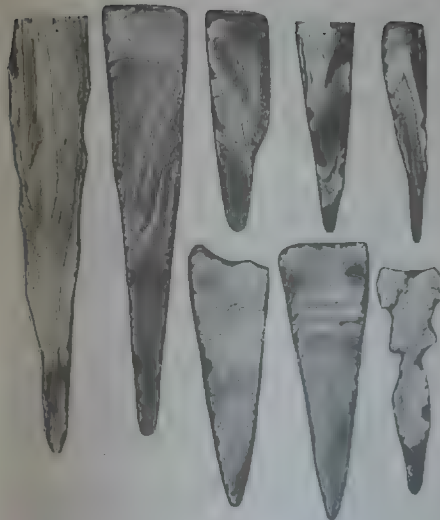


Фото 11. Макроструктуры ножей с [illegible] лезвиями. 1 — Полоцк, № 3; 2 — Витебск, Нижний замок, № 22; 3, 6, 7 — Минск, № 11, 15, 16; 4, 5 — Лукомль, посад, № 6, городище, № [illegible]; 8 — Масковичи, № 14. Увеличение около 10×



Фото 12. Макро- и микроструктуры ножей из Минска. Неоконченный нож: а — макроструктура, 10×; в — мартенсит в сошнике; 125×; г — зона сварки, д — стальная рабочая часть лезвия, 500×; нож № 9: б — макроструктура, е — мартенсит в стальной части лезвия, 500×

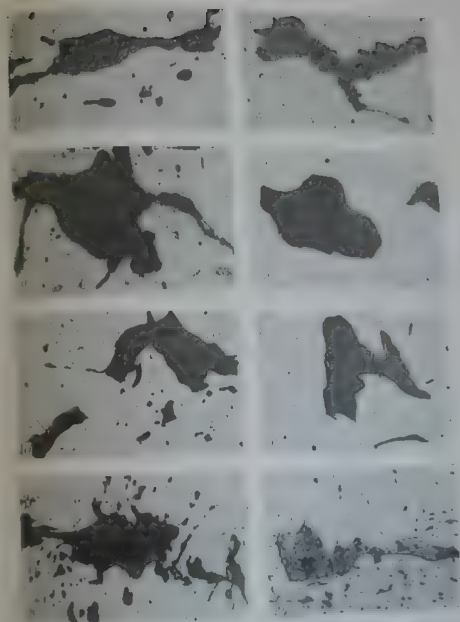


Фото 13. Шлаковые включения: а — Минск, нож № 22, 450×; б — Витебск, Нижний замок, нож № 4, 400×; в — Витебск, Нижний замок, шпора № 34, 250×; г — [illegible] сошник № 27, 200×; д — Заславль, городище на р. Менке, нож № 12, 500×; е — Масковичи, городище, нож № 67, 200×; ж — Масковичи, удила № 91, деталь 250×; з — Масковичи, удила № 231, 200×

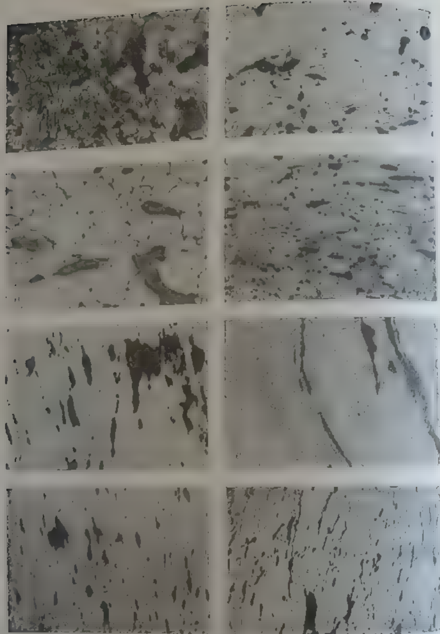


Фото 14. Ферритные микроструктуры кузнечных изделий: *а* — Полоцк, Верхний [illegible] нож № 6, 100×; *б* — Полоцк, нож № 14, 100×; *в* — Витебск, Верхний замок № 9, 200×; *г* — Минск, замок, нож № 10, 100×; *д* — Лукомль, городище, нож [illegible] 100×; *е* — Копысь, городище, серп №10, 200×; *ж* — селище на р. Менке, нож [illegible] 100×; *з* — Масковичи, городище, удила, № 91, 200×; все травлены ниталем

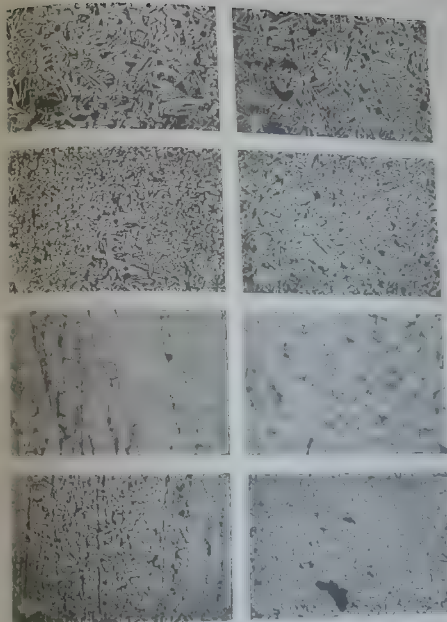


Фото 15. Низкоуглеродистые структуры изделий: *а* — Витебск, Нижний замок, нож №16, феррит, перлит, 100×; *б* — Масковичи, городище, навершие рукояти меча [illegible] феррит, перлит, 200×; №233, 100×; *в* — Масковичи, наконечник копья [illegible] феррит, [illegible], сварные швы, 50[illegible]; *г* — Масковичи, наконечник копья № 226, феррит, перлит, включения [illegible]; *д* — Логойск, городище, нож № 13, феррит, перлит, [illegible] Масковичи, 200×; *е* — Старо-Борисов, городище, нож № [illegible], феррит, перлит, 200×; [illegible] — Масковичи, городище, нож № 3, феррит, перлит, включения шлака, 100×; [illegible] удила № 91, деталь, феррит, перлит, включения шлака 2[illegible]

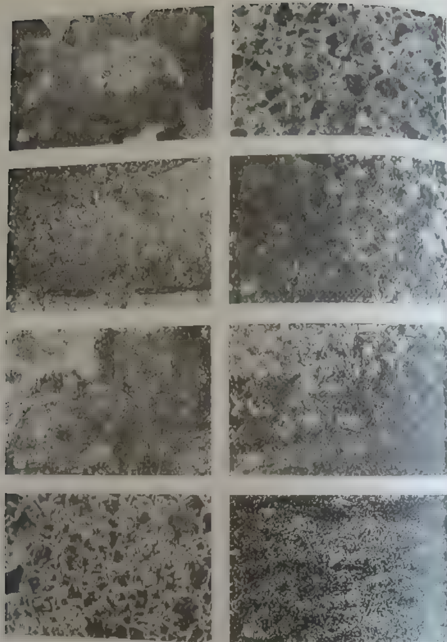


Фото 16. Микроструктуры стальных изделий: *а* — Минск, стремя № 46, перлит, ф[illegible]рит, включения шлака, 450×; *б* — Витебск, Нижний замок, ножницы, феррит, [illegible] 200×; *в* — Витебск, Нижний замок, нож № 2, феррит, [illegible] 100×; *г* — Старо-Борисов, городище, нож № 1, феррит, перлит, включения [illegible] 200×; *д* — Лукомль, городище, нож № 37, феррит, перлит, включения [illegible] 500×; *е* — Лукомль, [illegible]дище, серп № 50, феррит, перлит, сорбит, 200×; *ж* — Ратюнки, городище, [illegible] копья № 9, феррит, перлит, 200×; *з* — Масковичи, городище, нож № 42, ферр[illegible] перлит, 100×



Фото 17. Микроструктуры высокоуглеродистых [illegible] включения шлака, 200×; *б* — Минск, [illegible] *в* — Лукомль, селище, нож № 2, перлит, [illegible] Масковичи, городище, нож № 149, наваренная [illegible] включения шлака, 500×; *д* — городище на р. [illegible] 200×; *е* — селище на р. Менке, нож № 3, перлит, [illegible] *ж* — Масковичи, городище, топор № 170, перлит [illegible] перлит, включения шлака, 500×



Фото 18. Неравномерное распределение углерода в металле: *а* — Минск, [illegible] средняя полоса пакетного изделия, феррит, перлит, сварные швы, включения [illegible] 100 [illegible]; *б* — Лукомль, городище, нож № 5, феррит, перлит, включения шлака, [illegible] Лукомль, городище, нож № 24, феррит, перлит, неоднородная зернистость, [illegible] Масковичи, нож № 1, феррит, перлит, включения шлака, 100×; *д* — К[illegible] нож № 5, феррит, перлит, включения шлака, [illegible] нож № 19, феррит, перлит, включения шлака, 200×; *е* — селище на р. М[illegible] феррит, перлит, 100×; [illegible] Масковичи, булава № [illegible] феррит, перлит, 100×; [illegible] Масковичи, булава № 235, феррит, перлит, включения шлака, 100×.

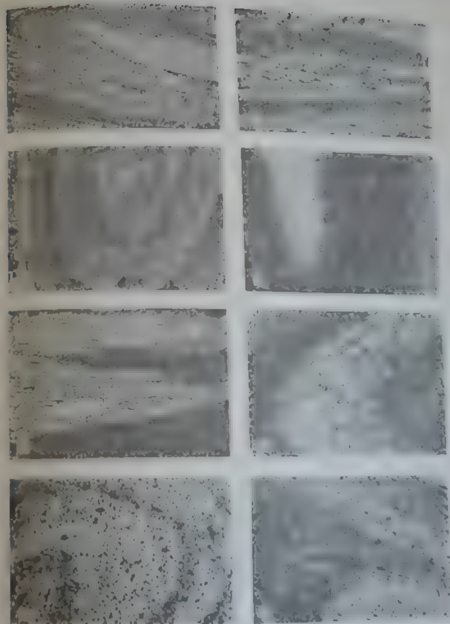


Фото 19. Полосчатые структуры в металле изделий: *а* — П[illegible] [illegible] перлит, 50×; *б* — Полоцк, нож № 1, феррит, перлит, вкл[illegible] шлака, 200 [illegible] [illegible] шпора № 22 [illegible] Лукомль, нож № 11, феррит, перлит, 100 [illegible] [illegible] феррит, перлит, 50×; *д* — Лукомль, городище, нож № 25, [illegible] перлит, включения шлака, 100×; *е* — Лукомль, селище, нож № 6, феррит, перлит, включения шлака, 100×; [illegible] Масковичи, шпора № 181, феррит, перлит, включения шлака, [illegible] Масковичи, кресало № 183, феррит, перлит, включения шлака, [illegible]

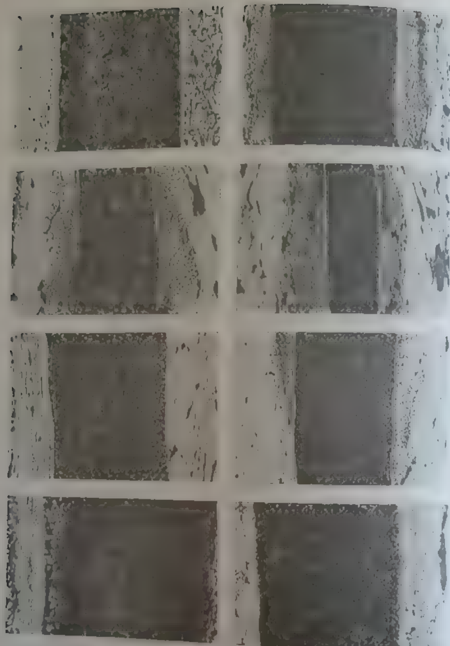


Фото 20. Микроструктуры трехполосных ножей: *а* — Полоцк, нож № 10, феррит, перлит, мартенсит, троостит, 80×; *б* — Витебск, Нижний замок, нож № 3, феррит, перлит, троостит, 100×; *в* — селище на р. Менке, нож № 39, феррит, перлит, мартенсит, троостит, 50×; *г* — селище на р. Менке, нож № 40, феррит, перлит, сорбит, 100×; *д* — Витебск, Нижний замок, нож № 11, феррит, перлит, сорбит, включения шлака, 80×; *е* — Витебск, Нижний замок, нож № 27, феррит, перлит, сорбит, 100×; *ж* — Масковичи, городище, нож № 70, феррит, перлит, мартенсит, 100×; *з* — Слободка, курган, нож № 1, феррит, перлит, мартенсит, включения шлака, 100×

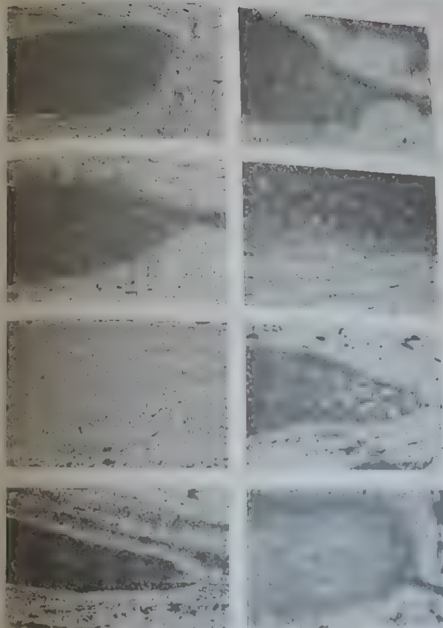


Фото 21. Сварные швы комбинированных [illegible] нож № 11, 50×; *б* — Витебск, Нижний замок, [illegible] нож № 9, 100×; *в* — Масковичи, городище [illegible] дище, нож № 45, 100×; *г* — Масковичи, [illegible] нож № 28, 100×; [illegible] Масковичи, городи[illegible]

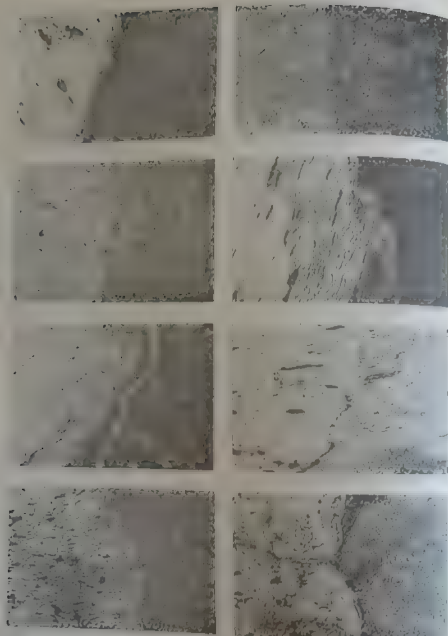


Фото 22. Сварные швы при торцовой наварке: *а* — Минск, нож № 3; *б* — Заславль, городище Вал, нож № 11; *в* — Минск, нож № 17; *г* — Лукомль, городище, нож № [illegible] *д* — Лукомль, городище, нож № 22; *е* — Лукомль, городище, нож № 33; *ж* — Масковичи, нож № 9; *з* — Масковичи, нож № 18; на всех снимках за исключением [illegible] слева — железная основа лезвия, справа — стальная наварка, увеличение: [illegible] 50, остальные 100X.

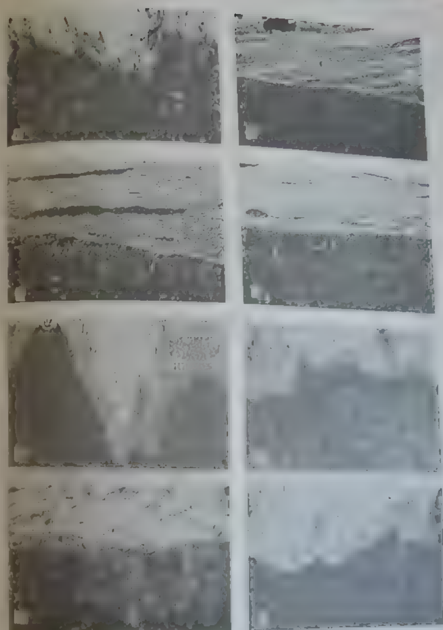


Фото 23. Сварные соединения при [illegible] *б* — Витебск, Нижний замок, нож № [illegible] *г* — Минск, топор № 54, *д* — селище [illegible], Мен[illegible] № [illegible] № 12; [illegible] Масковичи, нож № 6; *з* — Масковичи [illegible] вверху — основа лезвия, внизу — наваренная сталь [illegible] [illegible] — 100 [illegible]

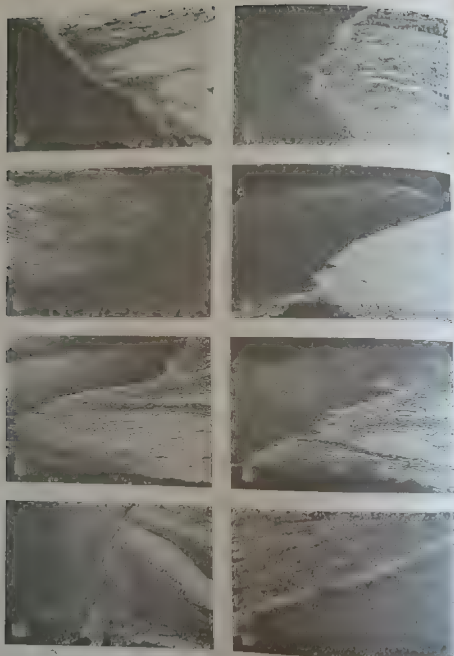


Фото 24. Сварные зоны при различных видах наварки: *а* — Минск, нож № 8; [illegible] Минск, нож № 24; *в* — Лукомль, городище, нож № 11; *г* — Масковичи, нож № 14 [illegible] *д* — Масковичи, нож № 23; *е* — Масковичи, нож № 26; *ж* — Витебск, Нижний замо[к] нож № 21; *з* — Масковичи, нож № 50, светлые зоны — железо, темные — сталь; ув[е]личение *а*, *г* — *ж* — 50×, *з* — 200×, *б*, *в* — 100×

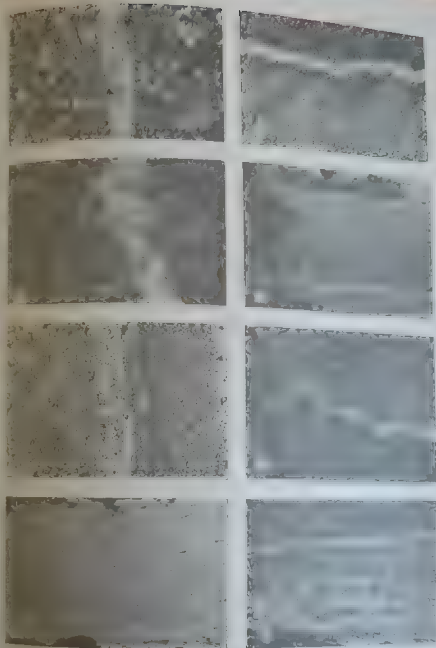


Фото 25. Сварные швы в стальных изделиях: *а* — П[illegible] [illegible] городище, нож № 26, 100×; *в* — Старо[illegible] [illegible] Нижний замок, нож № 1, коррозионностойк[illegible] [illegible] городище, нож № 44, 100×; *е* — Копысь, нож № [illegible] 50×; *з* — Масковичи, нож № [illegible]

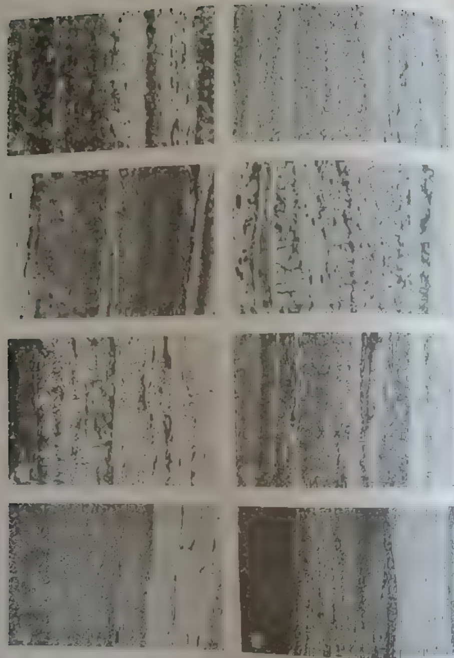


Фото 26. Многослойные структуры в железных изделиях. *а* — Полоцк, нож № [illegible] рабочей части лезвия, 100[illegible]; *б* — Витебск, Нижний замок, нож № 14, 100[illegible] селище на р. Менке, нож № 16, 100×; *г* — Лукомль, городище, нож № 43, 100[illegible] Лукомль, городище, нож № 45, 100×; *е* — Лукомль, селище, серп № 1, 100[illegible] [illegible]ковичи, тесло № 76, 50×; *з* — Масковичи, кресало № 100, 50[illegible]

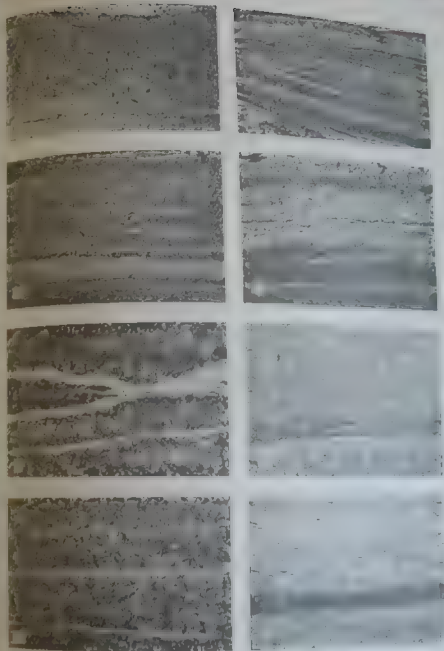


Фото 27. Многослойные структуры в жел[illegible] топор № 16, 50×; *б* — Витебск, Нижний [illegible] гарпун № 230, 100×; [illegible] — Масковичи, топор [illegible] нож № 11, 100×; *е* — Лукомль, городище, [illegible] замок, нож № 32, 120[illegible] — Витебск, Нижн[illegible]

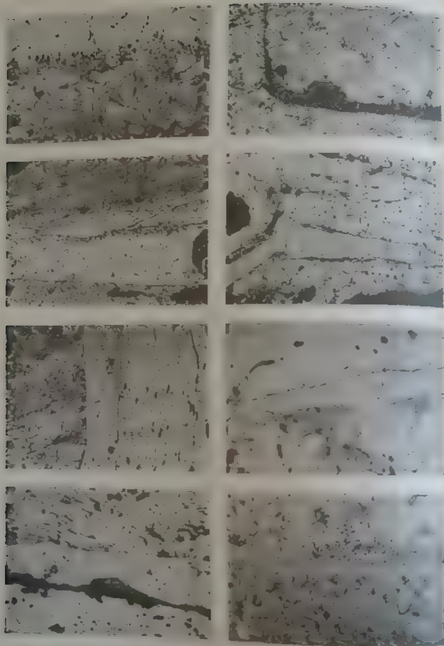


Фото 28. Паяные швы в железных изделиях: *а* — Масковичи, замок № 109, [illegible] 100×; *б* — Масковичи, замок № 111, 110× ; *г* — Масковичи, замок № 109, деталь, 50× Масковичи, замок № 112, деталь, 200 ; *е* — Масковичи, замок № 113, 100× Масковичи, замок № 113, деталь, 500×; *ж* — Витебск, Нижний замок, ключ № [illegible] 160×; *з* — Прудники, замок № 7, в железе есть нитриды, 200×

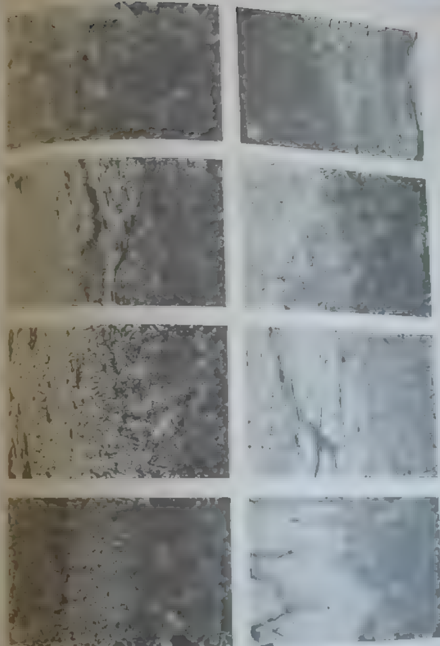


Фото 29. Науглероженные (цементованные) [illegible] нож № 9, феррит, перлит, 100×; *б* — Орша, [illegible] [illegible], 200×; *в* — Лукомль, городище, нож № [illegible] [illegible] — Лукомль, городище, нож № 41, [illegible] — Лукомль, селище, лезвие топора № 11, [illegible] [illegible] на р. Менке, коса № 1, [illegible] — Лукомль, серп № 3, феррит, перлит, [illegible] перлит, шлаковые включения, [illegible]

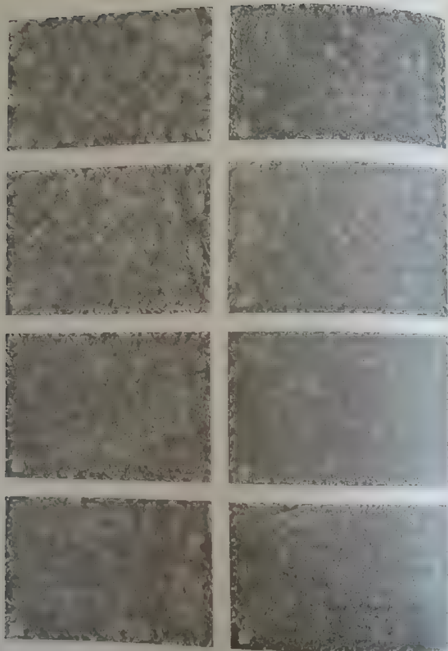


Фото 30. Мартенситные микроструктуры закаленных изделий и их частей. *а* — Ми[illegible] нож № 2, наваренная рабочая часть лезвия; *б* — Минск, нож № 21; *в* — Лук[illegible] городище, нож № 42; *г* — Лукомль, селище, лезвие топора № 12; *д* — Витебск, [illegible] ний замок, нож № 27, средняя полоса пакета; *е* — Копысь, нож № 2; *ж* — селище [illegible] р. Менке, нож № 9; *з* — Масковичи, нож № 26, наваренная рабочая часть лезвия. Увеличение: *а* — 200×, остальные — 500×

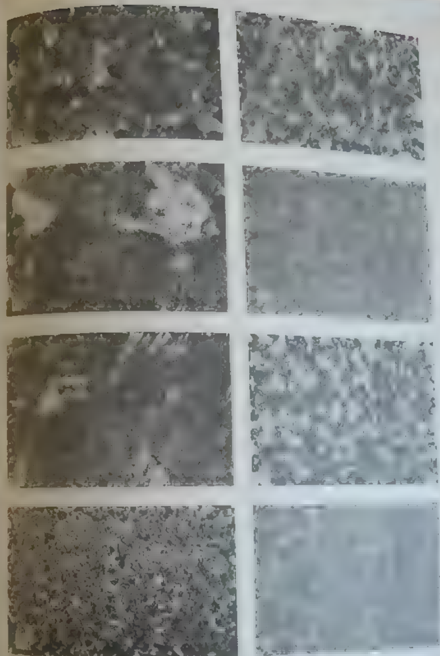


Фото 31. Термообработанные стальные изделия [illegible] феррит, 500×; *б* — Заславль, [illegible] *в* — Лукомль, городище, нож № [illegible], мартенсит [illegible] Вал, нож № 9, мартенсит, троостит, [illegible] троостит, феррит, 500×; *е* — Витебск [illegible] 200×; *ж* — Масковичи, нож № 23, [illegible] рабочей части лезвия), 500×; *з* — селище [illegible] троостит, включения [illegible]



Фото 32. Включения соединений азота (нитридов) в металле изделий: *а* — Масковичи, наконечник копья № 224, есть включения шлака, 200×; *б* — Масковичи, бондарный инструмент № 218, в металле шлаковые включения, 200×; *в* — Лукомль, городище, нож № 35, 500×; *г* — Витебск, Нижний замок, нож № 9, крупная и мелкая фазы нитридов, 200×; *д* — Масковичи, замок № 109, деталь, есть перлитные участки, 500×; *е* — Масковичи, замок № 110, деталь, мелкая фаза нитридов и включения шлака, 500×; *ж* — Масковичи, шпора № 176, в металле включения шлака, 200×; *з* — Масковичи, нож № 60, в низкоуглеродистой зоне — включения шлака и неустановленная штрихованная структура (нитриды?), 200×

Не все категории кузнечной продукции с точки зрения особенностей при эксплуатации нуждались в использовании сложных технологических схем и приемов при их производстве. Например, не вызвано необходимостью применение сложных операций сварки железа со сталью при изготовлении второстепенной продукции — гвоздей, пряжек, шильев и т. д. Несмотря на это, проводилось пакетирование сырья для заготовок, из которых сделаны кресала, ключи к замкам и другие предметы. В то же время на раннем этапе истории Полоцкой земли еще высок процент орудий труда и инструментов, откованных целиком из кричного железа или мягкой неравномерно науглероженной сырцовой стали.

Для того чтобы лучше представить динамику развития кузнечной технологии на Полоцкой земле, целесообразно расчленить историю честного ремесла на два периода. Первый этап охватывал период с IX по XI в. включительно и по аналогии с новгородским железообрабатывающим ремеслом[69] ограничивался рамками вотчинной системы кузнечного дела, характерной особенностью которого является преимущественно работа на заказ. Это время постепенного совершенствования кузнечной техники и технологии. На втором этапе (XII—XIII вв.) происходило увеличение ассортимента кузнечной продукции. Ее производство приобретало массовый характер. Этот качественно новый этап неразрывно связан с ростом городов, превращавшихся в центры ремесла и торговли. Ремесленное производство ориентировалось на растущие потребности рынка. В связи с такой ориентацией происходило не только отделение металлургии железа от кузнечного дела, но и внутри железообрабатывающего ремесла прогрессировала дифференциация мастеров, специализировавшихся на конкретных категориях кузнечной продукции. Если провести сравнение результатов современного промышленного прогресса и его влияния на качество выпускаемой продукции с определенными оговорками на достижения технического прогресса в древнерусский период, можно обнаружить как различия, так и сходные черты.

В табл. 4 показано применение наиболее распространенных технологических схем и их вариантов в процессе производства важнейших видов кузнечной продукции (ножей, топоров, тесел, серпов, кос и т. п.). Следует отметить, что технология по изготовлению трехполосных изделий, производившихся высококвалифицированными мастерами преимущественно на заказ, [illegible] XII в. вытеснилась [illegible] кузнечной практики упрощенным приемом наварки стальной рабочей части на железную основу лезвия. В этом не без основания усматривается переход железообрабатывающего ремесла к массовому производству продукции. Использование упрощенных схем уменьшило трудозатраты [illegible] изготовление орудий труда[70] и давало возможность сбывать их по невысоким ценам. Это [illegible] известной мере устраивало основную массу покупателей, которым казалось выгоднее за одну и ту же сумму вместо одного предмета, рассчитанного на длительную эксплуатацию, приобрести два или более аналогичных изделия, менее долговечных. Важно подчеркнуть, что процентное соотношение технологических схем изготовления ответственных видов кузнечной продукции, приведенное [illegible] табл. 4, относится ко всему исследованному периоду IX—XIII вв. Если по данным ориентировочной датировки разделить орудия труда на два этапа, соотношение технологических схем окажется иным. Из 150 предметов раннего этапа 30% изготовлено из железа без дополнительных приемов. Широко практиковалось пакетирование сырья (25%) с низким содержанием угле-

Зак. 182

Таблица 4. **Соотношение технологических схем изготовления орудий труда Полоцкой земли (IX—XIII вв.)**

Археологические памятники	Количество предметов	Технологические схемы														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Полоцк	16	5				1		1		1		1	1		5	1
Витебск	40	5	2	1	2	1	1	2		4	1	2	1	2	15	1
Минск	47	7	3	1	1	2	3	5	1	1			2	4	14	3
Заславль	22	3	1	2	1	1	1	2		5				1	5	
Менка, городище	6	1	1	1	1		1	1								
Менка, селище	49	6	4	8	2	4	3	4	1	6	1	1	1	1	7	
Лукомль, городище	51	6	5	4	3	6		4			1		2	9	10	1
Лукомль, селище	18	2	2	1	1	3		2		1				3	2	1
Старо-Борисов	6		1			2									3	
Орша	5	1			1	1							1		1	
Логойск	7	1	1			2								1	2	
Копысь	10	1	1					1						1	6	
Масковичи	148	21	8	4	2	7	2	24	1	1	3	3	5	24	42	1
Ратюнки	8	2					1	3		1					1	
Прудники	3	2									1					
Лужесно	3					1		2								
Поставы	2	1													1	
Гливин	1	1														
Лесная	3	1								2						
Глинище	2		1						1							
Плусы	3	1								2						
Слободка	2		1							1						
Дорохи	1		1													
Дворище	1				1											
Закурье	1									1						
Итого	455	67	32	22	15	31	12	51	4	26	7	7	13	46	114	8
В процентах	100	14,9	7,0	4,8	3,3	6,8	2,6	11,2	0,9	5,7	1,5	1,5	2,9	10,1	25,0	1,8

Условные обозначения: 1—цельножелезный, 2—стальной, 3—стальной термообработанный, 4—местная закалка, 5—цементация, 6—цементация с термообработкой, 7—псевдопакетный, 8—трехполосный пакет, 9—трехполосный пакет с термообработкой, 10—вварка, 11—вварка с закалкой, 12—наварка на многослойную основу, 13—наварка, 14—наварка с закалкой, 15—наварка на узорчатую основу.

рода. Комбинированные трехполосные изделия составляли около 20%. На позднем этапе, к которому относится свыше 300 орудий труда, количество цельножелезных изделий снизилось до 9%, низкоуглеродистых псевдопакетных — до 4%. Ведущей технологией в кузнечном ремесле стала наварка стальных лезвий на железные основы предметов (более 62%).

Обращает внимание незначительная доля цельностальных изделий

в общем объеме универсальных инструментов. Почему древнерусские ремесленники не отказались от схемы наварки и не перешли, как в наше время, к изготовлению цельностальных орудий труда? Всегда ли это обстоятельство можно объяснить более высокой стоимостью стали по сравнению с железом?[71] Исследования исходного металла показали, что при умелом управлении процессом металлурги могли в сыродутных печах в зависимости от необходимости получать качественную сырцовую сталь. Ее себестоимость была не намного выше, чем железа, потому что не требовала значительных дополнительных трудозатрат. Нет оснований говорить о высокой стоимости стали. Дорогой могла быть, вероятно, только привозная сталь. К аналогичным выводам пришли и другие исследователи[72]. В связи с тем что технология наварки применялась сельскими кузнецами еще в первой половине XX в., важная информация получена в беседах с ними. Мастера были твердо убеждены в том, что цельностальные изделия не пригодны для нормальной эксплуатации из-за хрупкости после закалки. Они хорошо знали преимущества комбинированных орудий труда и инструментов, в которых вязкая железная основа обеспечивает прочность предмета, а стальная закаленная рабочая часть придает необходимую при эксплуатации твердость.

Как отмечалось, схема наварки стального лезвия на железную основу лишила целесообразности цементацию изделий, поэтому на втором этапе развития кузнечного ремесла на исследуемой территории операции химико-термической обработки для улучшения рабочих частей орудий труда практиковались редко. Переход от трехполосного пакета к технологической схеме наварки не был прямым. Промежуточным звеном являлась схема вварки стальной рабочей части между двумя железными пластинами. Причем вваренная стальная пластина занимала одну треть или половину ширины лезвия. В топорах ее ширина по отношению ко всему лезвию была еще меньшей.

Вершиной кузнечной технологии принято считать производство изделий с узорчатыми лезвиями[73]. В широком внедрении узорчатых схем состоит один из парадоксов развития металлообрабатывающего ремесла. Отказавшись от трехполосного пакета ради упрощения технологии изготовления массовой продукции, оно обращается к сложной и трудоемкой технике производства узорчатых лезвий не только в предметах вооружения, но и в наиболее распространенных категориях универсальных инструментов, например ножей. Кузнецы Полоцкой земли также владели технологией изготовления узорчатых изделий. Так, минские ремесленники нередко практиковали подобную технику, о чем свидетельствует наличие ножей с узорчатыми основами в археологических коллекциях. Их местное производство подтверждается находками аналогичных экземпляров с незавершенным циклом обработки.

Торговые связи

Развитие кузнечного дела Полоцкой земли способствовало не только интенсификации торговых отношений в развивающихся городах, но и предопределяло упрочение связей с близлежащими поселениями сельского типа после отделения металлургии от металлообработки железа. Ремесленные центры составляли с населением окрестных деревень экономически связанную округу[74]. Тесные связи существовали и на ран-

нем этапе. И городские, и сельские жители приобретали путем заказа или на рынке кузнечную продукцию городских мастеров. По мере отделения металлургии от кузнечного дела добыча железа концентрировалась преимущественно в сельской местности близ месторождений бурых железняков — болотных, озерных и луговых руд. В рассматриваемый период металлургия не отделилась от сельского хозяйства и порой носила характер сезонного промысла[75]. Причем этим промыслом занимались, как правило, в свободное от сельскохозяйственных работ время. Таким образом, упрочению связей между городом и деревней способствовала зависимость городского ремесленника от сельских поставщиков кузнечного сырья в виде необработанных криц или полуфабрикатов. Кузнечная продукция производилась не только в городах, но и сельскими мастерами.

Несмотря на отсутствие в настоящее время данных о торговых связях между отдельными городами Полоцкой земли (имеется в виду купля-продажа кузнечной продукции), можно предположить об их существовании.

Особый интерес представляет внешняя торговля Полоцкой земли железом и готовыми изделиями. Предопределение обмена и торговли железными предметами правомерно при исследовании археологических материалов разных народов в разные периоды[76]. В прошлом столетии исследователи ремесел считали, что привозные иностранные железные изделия и оружие были в употреблении высших сословий Древней Руси, «а большая часть народа пробавлялась своими железными изделиями»[77]. Письменные документы XIII в. свидетельствуют об устойчивых торговых связях Полоцка с Ригой, Любеком, островом Готланд[78]. Купцы имели право, согласно заключенным договорам, на оптовую и розничную торговлю и даже на продажу товаров в кредит[79]. Однако нет сведений о том, какие железные и стальные изделия в результате торговли поступали на территорию Полоцкой земли, какой вид импортной кузнечной продукции пользовался повышенным спросом, завозились ли только готовые изделия или также и полуфабрикаты. Из договора Полоцка с Ригой 1330 г. следует, что на территорию княжества металлическое сырье продолжало импортироваться и в XIII—XIV вв.[80]

Разнотипность предметов одной и той же категории, различия в технологии их изготовления заставили предположить, что не только по внешнему виду и структуре металла, но и по содержанию примесных химических элементов кузнечные изделия имеют существенные различия. Для решения поставленной задачи необходимы широкие спектрометрические измерения. Первоначальная проверка рабочей гипотезы осуществлена с помощью микрорентгеноспектрального анализа предметов, сделанных по схеме комбинирования железа и стали. Исследования на микрозонде трехполосных ножей из различных памятников Полоцкой земли подтвердили правомерность гипотезы[81]. Большинство пакетных ножей содержат во всех полосах примерно одинаковое количество (сотые и тысячные доли процента) примесных химических элементов, однако встречаются экземпляры, средняя стальная полоса которых выделяется среди железных повышенным содержанием никеля, марганца, других элементов и низкой концентрацией фосфора (рис. 41).

В связи с тем что содержание фосфора в металле зависит от многих причин, он не может служить элементом-индикатором при определении места производства металла или готового предмета. Повышенным содержанием марганца (до 0,32%) отличается стальная пластина трехполосного ножа № 17 с селища в Лукомле, в железных полосах которого

имеется в среднем 0,015% данного элемента. Не столько содержанием, сколько характером распределения марганца в стальной и железных полосах обращают на себя внимание пакетные ножи из Полоцка, Глинища и других памятников (рис. 42). Наиболее интересно было установить содержание никеля в стальных полосах пакетных ножей. В большинстве исследованных трехполосных изделий распределение никеля и

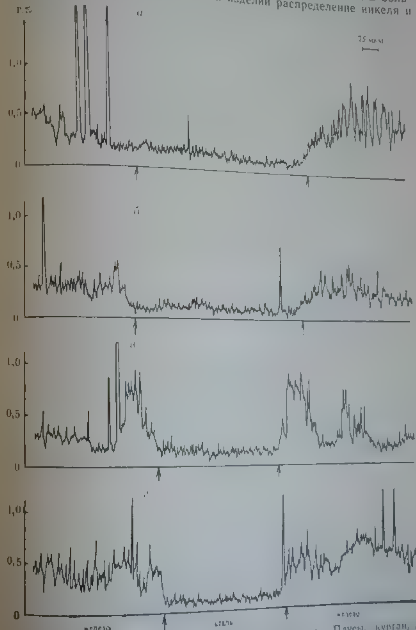


Рис. 41. Распределение фосфора в трехполосных ножах: а — Плусы, курган, № 1; б — Слободка, курган, № 1; в — Закурье, курган, № 1; г — Витебск, Нижний замок, № 1

в стальной, и в железных пластинах примерно одинаково (рис. 43, в). Достаточно контрастно повышенным содержанием никеля отличаются стальные полосы от железных в ножах из Закурья, Слободки, селища на р. Менке (№ 10 и 14). Причем в экземпляре № 10 из данного поселения средняя полоса сварена из двух пластин, отличающихся между собой примесью никеля в металле (до 0,18%). В перечисленных выше предметах никель в средних стальных полосах содержится в пределах

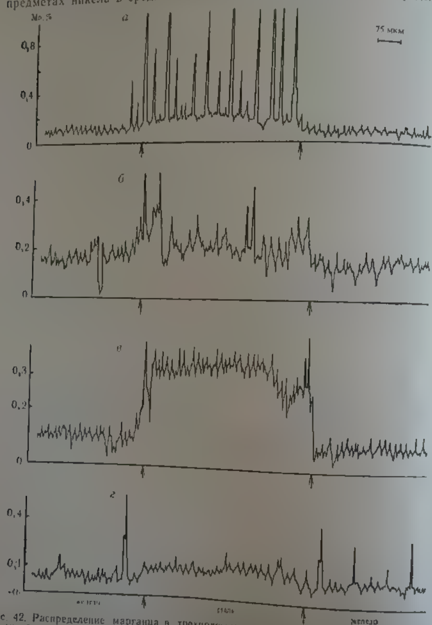


Рис. 42. Распределение марганца в трехполосных ножах. а — Полоцк, Верхний замок, № 10; б — Глинище, курган, № 2; в — Лукомль, селище, № 17, г — Заславль, городище Замэчек, № 14

0,14—0,32%, в боковых железных, или многослойных («пакетных»),— до 0,025% (рис. 43). Анализ на микрозонде позволил обнаружить повышенную концентрацию никеля в сварных швах ножей № 10 с селища на р. Менке и № 70 из городища Масковичи (рис. 43, г, е).

Электронно-зондовый микроанализ ножей с навареными рабочими частями показал, что сталь нередко отличается от железа в одном изде-

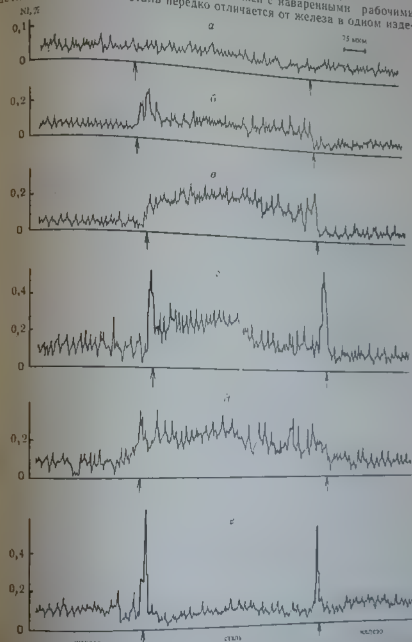


Рис. 43. Распределение никеля в трехполосных ножах: а — Витебск, Нижний замок № 1; б — Закурье, курган, № 1; в — Слободка, курган, № 1; г — селище на р. Менке № 10; д — Менка, № 14; е — Масковичи, № 70

ли низким содержанием фосфора (следы), в то время как в экземплярах № 13 из Минска, № 2 из Старо-Борисова и № 3 из Копыси данная примесь содержится в пределах 0,3—0,6%, а в ноже № 9 из Минска превышает 1% (рис. 44). Высокая концентрация меди (до 1%) в наварной стальной части лезвия ножа № 11 из Минска позволяет говорить об использовании кузнецом привозной стали для изготовления режущей

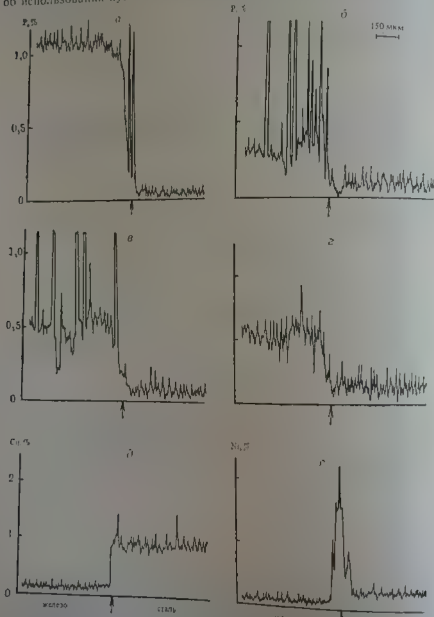


Рис. 44. Распределение примесных химических элементов в ножах с наваренными стальными лезвиями: *а* — *г* — фосфора в ножах № 9 и 13 из Минска, № 3 из Копыси и № 2 из Старо-Борисова; *д* — меди в ноже № 11 из Минска; *е* — никеля в ноже № 10 из Заславля

части, так как для местного металла такое содержание меди не характерно. В ноже № 10 из Заславля обнаружено высокое содержание (до 2%) никеля в сварном шве, соединяющем стальную полосу с основой лезвия, причем сталь от железа в данном экземпляре не отличается распределением данной примеси (рис 44, *д*, *е*).

Высокая концентрация фосфора в кричном железе была выявлена Б. А. Колчиным, который не нашел объяснения данному явлению [82]. В результате проведения массовых спектроскопических измерений Е. Пясковский установил, что высокое содержание фосфора в железе часто наблюдается при использовании для его получения болотных или дерновых руд [83]. Незначительные примеси фосфора обнаруживаются в железе, полученном при переработке руд первичного происхождения, залегающих на большой глубине и добываемых шахтным способом. В некоторых местностях есть выходы таких руд на дневную поверхность. Эти залежи имеют следы древних разработок. Необходимо отметить, что повышенное содержание фосфора в металле образуется и в том случае, когда для восстановления железа использовался древесный уголь со значительной примесью фосфора. Это происходит при неблагоприятных сроках заготовки дров для углежжения.

Из специальной литературы XVIII в. известно, что углежоги знали благоприятные сроки и обычно в июне проводили так называемое «церкление», т. е. снимали на стволах деревьев кору, чтобы они высыхали в лесу [84]. Таким образом, прекращалось сокодвижение в древесине и уменьшались трудозатраты на транспортировку дров к местам углежжения. Если допустить, что в исследуемый период на территории Полоцкой земли эти тонкости углежогами учитывались, то источником поступления фосфора в металл были только болотные руды, так как выходов низкофосфорных руд не зафиксировано. Из этого следует, что местные металлурги в силу объективных причин не могли получать свободный от примесей фосфора металл. В то же время можно допустить, что качественная сталь поступала в пределы Полоцкого княжества из других производственных центров, в том числе из Скандинавии, где в этот период производилось хорошее железо и «готский берег» приобретал все большее значение в торговле с Русью [85].

Изучая железные изделия, полученные в процессе раскопок археологических памятников Латвии (часть ее, как известно, находилась под властью полоцких князей), А. К. Антейн пришел к выводу, что местные предметы не содержат никеля или в металле имеется незначительная примесь данного элемента [86]. Этот вывод подкреплен анализами восьми железных криц из пяти памятников Латвии. Установлено, что пять криц не содержат ни одного легирующего элемента, в двух имеются следы никеля (около 0,01%) и в одной крице — следы никеля и титана [87]. Исследователь считает импортными изделия, содержащие 0,1—0,2% никеля. Их удельный вес в общей массе кузнечной продукции составляет около одной трети [88]. Большое количество привозных орудий труда и оружия свидетельствует о близости производившего их ремесленного центра, который находился, по-видимому, на острове Готланд. Возможно, сталь и готовые изделия с повышенным содержанием никеля из этого центра непосредственно или через рижских купцов [89] поступали на территорию Полоцкой земли. Не исключено, что предметы с примесью никеля, найденные в Гнездовских курганах, попали в окрестности Смоленска таким же путем [90].

Нередко высокое или повышенное содержание никеля в металле расценивается как использование метеоритного железа. Не оспаривая

предположения К. Странского о применении такого металла ■ исследованном им топоре [91], так как кроме никеля в данном предмете отмечается повышенная концентрация и кобальта, приведем вывод Е. Пясковского о том, что металлурги еще до нашей эры умели получать и получали из многокомпонентных руд железо с содержанием никеля в пределах 8—10%. Никель, как следует из теории металлургии, при сыродутном процессе переработки многокомпонентных руд восстанавливается лучше, чем железо [92]. Следовательно, изделия и металл с повышенной примесью никеля — продукция металлургов, перерабатывавших руды с естественным содержанием данного элемента. На разработку таких залежей указывает и Р. Плейнер ■ связи с результатами изучения химического состава железных изделий великоморавской культуры. Им выделены большие группы предметов с повышенной примесью никеля — до 0,3%. Эта продукция изготовлена из металла, полученного из руд с повышенным содержанием никеля, залежей которых много в Западной Моравии, в отрогах Малых Карпат [93].

Результаты спектрального анализа некоторых предметов из Витебска, Заславля, других памятников дают основания предположить их импорт из ремесленных центров, функционировавших в раннем средневековье на территории современной Чехословакии. Например, топор № 29 из Нижнего замка в Витебске скорее всего происходит из этих центров не только по типологической близости, но и в связи с повышенным содержанием (до 0,36%) никеля. Сталь, использованная для наварки в ноже № 11 из Минска, возможно, получена потомками великоморавских металлургов, производивших металл с высоким содержанием меди. О тесных торговых связях древнерусского государства с Чехией и Моравией сообщают письменные источники [94].

Достоверная локализация производственных центров, продукция которых импортировалась в пределы Полоцкого княжества, затруднена по причине слабой изученности химического состава металла, использованного для изготовления различных категорий продукции. Необходимо провести массовые измерения количественного содержания примесных элементов, определить характерные гаммы этих элементов для конкретных ремесленных центров.

Итак, проведенные исследования показали, что основная масса кузнечной продукции Полоцкой земли производилась на месте. Однако наличие торговых связей способствовало проникновению на территорию княжества уже на раннем этапе (X—XI вв.) не только готовых изделий, но и качественной стали, использовавшейся для изготовления комбинированных орудий труда, никельсодержащих флюсов, позволявших получать прочные сварные соединения, меди и ее сплавов для проведения пайки и нанесения покрытий, а также выполнения инкрустированных узоров. С XI в. половцы значительно ограничили контакты древнерусских купцов со странами Востока, и торговые связи с западноевропейскими центрами ремесла и торговли еще более упрочились [95]. На позднем этапе Полоцкое княжество имело постоянные контакты как с соседней Прибалтикой, так и с торговыми центрами Европы. Внешняя торговля способствовала внедрению и развитию прогрессивной кузнечной техники и технологии, активизировала распространение знаний в области металлообработки.

Техническое обучение

Распространение технологических знаний в Полоцкой частично можно объяснить ее внешними связями. Основное земле лишь в развитии кузнечной технологии, совершенствовании операций значение лообработки имели широко практиковавшиеся в Киевской Руси металрментаторская деятельность кузнецов и техническое обучение экспедежи. Без технического обучения невозможна передача опыта и знаний молов области обработки железа и стали от одного поколения к другому Отсутствие технического обучения за короткий срок привело бы к безвозвратной потере совершенной древнерусской кузнечной технологии, как это случилось с технологией производства булатной стали Глубоко заблуждаются те, кто считает ненужным раскрытие секрета булата, противопоставляя ему высококачественные современные стали, для производства которых используются в большом количестве дорогостоящие легирующие металлы. Булатная сталь ■ без легирования обладала хорошими свойствами и имела преимущества в эксплуатации.

В результате длительного ученичества под руководством высококвалифицированных специалистов молодые кузнецы получали большой объем профессиональных знаний в области обработки железа и стали для последующей самостоятельной работы. Они почти безошибочно могли отличить сталь от железа, а также высокоуглеродистую сталь от низкоуглеродистой, рационально подбирали металл для использования при изготовлении комбинированных изделий. Экземпляры, в которых по ошибке наварены железные полосы вместо стальных, встречаются редко в общей массе кузнечной продукции. Качество сварных соединений свидетельствует о владении техникой надежного соединения железа с высокоуглеродистой сталью, умении визуально определять необходимую температуру и во избежание пережога металла устанавливать продолжительность выдержки заготовок в огне горна при нагреве для ковки, сварки, пайки и т. п. Без обучения невозможно было постичь сложности и тонкости термической обработки стали, особенно закалку с отпуском, химико-термическую обработку железа, горновую пайку металла с использованием различных припоев.

Большим недостатком древнерусского технического обучения является его неспособность прочно утвердиться в кузнечном деле города и деревни, чтобы полностью исключить выпуск продукции низкого качества — ответственных орудий труда, откованных целиком из железа, что характерно как для периферийных, так и для столичных ремесленников [96]. Даже с учетом сработанности лезвий есть основание говорить о производстве цельножелезных орудий труда не только на раннем, но и на позднем этапе истории Полоцкого княжества.

Значение технического обучения на исследуемой территории было велико. Его результаты видны и в последующее время, когда Полоцкая земля вошла ■ состав Великого княжества Литовского Местные кузнецы, потомки древнерусских мастеров, применяли в XIV—XVII вв не новые технологические схемы и операции металлообработки, а те, которые уже были известны в XII—XIII вв [97] Аналогичная картина наблюдается в Литве [98] и на других смежных ■рриториях Благодаря передаче знаний и опыта от одного поколения к другому развитая кузнечная технология сохранилась вплоть до XX в. и, постоянно совершенствуясь, стала базой для современного развития металлообрабатывающей промышленности.

Положение кузнецов в обществе

На всем протяжении истории Полоцкой земли кузнечное дело было профессиональным занятием относительно небольшого круга лиц. Если на раннем этапе мастера в большинстве случаев совмещали функции металлурга и кузнеца в одном лице, то на позднем этапе можно предположить отделение добычи железа от его обработки, потому что только наличие в археологических материалах товарных криц или полуфабрикатов позволило бы ответить на этот вопрос утвердительно. Однако они в ходе раскопок пока не выявлены.

Уровень техники кузнечного ремесла в значительной степени зависел от социального положения кузнецов. Не говоря уже о сельских кузнецах, даже городской ремесленник, по выражению Ф. Энгельса, «сам еще до известной степени крестьянин»[99], много времени и сил тратил на земледельческие занятия. На селе кузнец мог заниматься своим ремеслом только в свободное от сельскохозяйственных работ время. Это в значительной мере мешало повышению профессиональных знаний, закреплению технических навыков, совершенствованию мастерства ремесленников. Однако участие в полевых работах, разнообразная хозяйственная деятельность способствовали личной оценке кузнецом орудий труда собственного производства и заставляли совершенствовать технологию их изготовления с целью повышения эксплуатационных качеств различных видов продукции.

В отличие от некоторых категорий ремесленников кузнец не путешествовал из одного населенного пункта к другому в поисках работы. Его кузница была стационарным рабочим местом мастера, а для учеников своего рода учебно-производственным «комбинатом», в котором металл превращался в качественные орудия труда, инструменты и оружие. Без этой продукции не мог обойтись ни один житель города и деревни. Ни один ремесленник не мог изготовлять свою продукцию, если бы для него необходимый инструментарий не был сделан кузнецом, который учитывал специфику использования различных изделий. Качественные предметы вооружения, надежные защитные доспехи — залог успешного отражения агрессоров, посягавших на независимость Полоцкой земли.

От совершенства орудий труда зависела производительность труда городского и сельского населения и, несмотря на феодальный гнет, его благосостояние.

Кузнецы создавали и предметы повседневного обихода, и изделия в стиле художественной ковки. Многие изделия мастеров Полоцкой земли не дошли до нас. Сохранившееся произведение Лазаря Богши — вкладной крест Евфросиньи Полоцкой, изготовленный в 1161 г. для Спасской церкви женского монастыря, свидетельствует о развитии в исследуемый период не только эмальерного дела, но и различных специализированных отраслей металлообрабатывающего ремесла.

Можно полагать, что с XII в. начался процесс разделения кузнечного ремесла на узкие специальности по изготовлению отдельных категорий орудий труда, оружия, бытовых и хозяйственных предметов. Специализация ремесленников содействовала овладению ими более сложными технологическими приемами. По аналогии с новгородскими

мастеровыми людьми в Полоцкой земле были свои ножовники, гвоздочники, щитники и т. п. Самое высокое положение занимали кузнецы, работавшие на княжеский двор и принадлежавшие к свободному и зажиточному слою[100]. Убедительным свидетельством известности мастеров в области металлообработки и уважительного отношения к ним было введение Микифора-щитника в состав новгородского правительства[101].

Концентрация ремесленников, занимавшихся обработкой металлов, на городских посадах способствовала их объединению в профессиональные корпорации, как это произошло, например, со златокузнецами, проживавшими в одном из кварталов окольного города Новогрудка[102]. В богатом торговом и ремесленном центре Полоцке кроме городского веча существовали какие-то «братчины», боровшиеся с князьями. Б. А. Рыбаков считает, что это были купеческие объединения[103]. Есть основания предположить, что подобные объединения для защиты своих интересов создавали и ремесленники, в том числе кузнецы, ювелиры, слесари и др. Такие организации цехового типа были в городах Полоцкого княжества. Они не оставили письменных документов, так как их существование определялось обычным правом[104].

Государство было заинтересовано в развитии ремесел и ценило мастеровых людей. Это отражено и в законодательных актах, затрагивающих классовые группировки феодального общества. Например, в статье Пространной Русской Правды (XI—XII вв.) видно, что по размеру штрафа за убийство человека ремесленники (в том числе и кузнецы) находились наравне с представителями княжеской администрации такого ранга, как сельские и ратайные тивуны. «А за ремественика и за ремественицю, то 12 гривен»[105]. За убийство крестьянина определялась сумма штрафа в четыре раза ниже.

Проанализировав древнерусские письменные источники, Б. А. Рыбаков пришел к выводу, что в то время существовал славянский миф о боге-кузнеце, имя которого было связано с солнцем и огнем. Он открыл металлы, научил людей ковать их, изобрел плуг, заменивший мотыгу, упорядочил семейные отношения и победил страшного дракона, схватив его кузнечными клещами[106]. После принятия христианства на Руси мифологические черты первого ремесленника — кузнеца — стали постепенно утрачиваться, однако в связи с пережитками с ним были связаны функции чародея, знахаря, врача, покровителя брака. В этих функциях нашла отражение повседневная деятельность мастеров: их «колдовство» с раскаленным металлом, изготовление венцов и обручальных колец для новобрачных, а в некоторых случаях и оказание помощи методами народной медицины.

Кузнецы пользовались уважением и почетом не только на территории Полоцкой земли. Исследователи-этнографы Кавказа отмечают, что у абхазцев, например, наблюдалось особое почитание кузницы, кузнечного дела и самих мастеров. Кузница представлялась населению святилищем. Железо в качестве оберега употреблялось в родильных, свадебных и похоронных обрядах, в борьбе с болезнями. Орудиям труда кузнеца приписывалась магическая, таинственная сила[107].

Однако следует отметить, что не все население Полоцкого княжества находилось в плену подобных пережитков и представлений. Большинство людей видело в лице кузнеца не чародея, а настоящего труженика, владеющего тонкостями и секретами своего ремесла. Они понимали, что без кузнечной продукции невозможно вспахать землю для посева и

убрать урожай, построить жилье, отразить нападение агрессоров, посягавших на независимость родной земли.

Географическое положение Полоцкой земли, через которую проходили важные сухопутные и водные торговые пути, способствовало налаживанию разнообразных контактов, содействовавших развитию кузнечного ремесла, внедрению прогрессивной техники и технологии на уровне стран Западной Европы. Наряду с другими факторами наличие развитых металлообрабатывающих ремесел создавало условия для приобретения независимости. В 1132 г. Полоцкое княжество окончательно освободилось от власти Киева, однако вскоре распалось на уделы. В числе первых в самостоятельное княжение выделился Минск. Процесс феодального дробления не позволил сохранить целостность и политическую самостоятельность Полоцкой земли, и в XIV в. ее территория была присоединена к Великому княжеству Литовскому.

Заключение

Комплексные исследования кузнечной продукции Полоцкой земли позволили установить качество металла, степень совершенства орудий труда, оружия, бытовых и хозяйственных предметов, представить уровень мастерства их создателей, рассмотреть отдельные аспекты железообрабатывающего ремесла. Можно полагать, что местная металлургия в основном обеспечивала производство металла в соответствии с экономическим потенциалом исследуемого княжества. Кузнечное ремесло, базируясь на местном сырье, поставляло сравнительно качественные орудия труда земледельцам, инструменты ремесленникам различных специальностей, оружие и боевые доспехи воинам.

Реконструкция технологических схем на основе макро- и микроструктурного анализа готовых изделий свидетельствует, что на протяжении исследуемого периода в разные века кузнечная продукция отличалась по объему и ассортименту, по форме и технологии изготовления. Несовершенство методов датировки затрудняет детальное рассмотрение процесса развития кузнечного ремесла с установлением периодов его подъемов и возможных упадков, но ориентировочные данные хронологии археологических материалов позволяют проследить динамику исторического развития обработки железа и стали в течение двух этапов: раннего (IX—XI вв.) и позднего (XII—XIII вв.).

На раннем этапе более 30% орудий труда и инструментов производилось из мягкого железа с незначительным содержанием и неравномерным распределением углерода в металле, без использования сложных технологических приемов. Широко применялись унаследованные от предыдущих археологических культур способы пакетирования сырья перед изготовлением важнейших видов продукции (свыше 25%). В небольшом количестве встречаются цельностальные и цементованные изделия. Однако на данном этапе мастера применяли и сложные приемы для изготовления комбинированных железо-стальных орудий труда и инструментов. Наиболее совершенны и долговечны в эксплуатации были пакетные трехполосные изделия, рассчитанные [illegible] самозатачивание лезвия, в которых средняя стальная закаленная полоса всегда выходила на режущую кромку. Трехполосная схема использовалась при производстве ножей, топоров, серпов, кос и других предметов. Аналогичный эффект достигался в результате наварки стальных рабочих пластин в железные основы лезвий. По таким технологическим схемам изготовлялось свыше 20% ответственной продукции.

В XII—XIII вв. почти в два раза увеличился выпуск кузнечной продукции, расширился ее ассортимент. Если производство цельносталь-

ных предметов оставалось на прежнем уровне, то изготовление цельножелезных орудий труда снизилось до 9%, а низкоуглеродистых псевдопакетных — до 4%. Технология вварки довольно быстро вытеснилась приемами торцовой, позднее — косой наварки стальных рабочих частей на железные основы лезвий, которая стала ведущей кузнечной технологией. В категориях ответственных орудий труда и инструментов по схемам наварки изготовлено свыше 62% изделий. Иногда наварка осуществлялась на узорчатые основы лезвий, что свидетельствует о высоком уровне ручной техники металлообработки железа и стали. Этот высокий уровень усматривается также и в широком применении термообработки стали, в том числе закалки с отпуском, и в использовании нового способа соединения металлических деталей путем пайки в горне с помощью припоев на медной основе, а также в покрытии железных изделий цветными и драгоценными металлами, украшение их инкрустацией (насечкой).

В отдельных экземплярах, расцененных как брак производства, выявлена наварка железных рабочих частей вместо стальных или неудачные сварные и паяные соединения, однако эти факты не могут повлиять на высокую оценку качества кузнечной продукции в целом. В большинстве случаев при исследовании имелась возможность наблюдать совершенствование внешних форм изделий, рационализацию технологических приемов, квалифицированный подбор металла с учетом функционального назначения изделия или его рабочих частей, тщательный подбор флюсов и припоев для качественной сварки и пайки, стремление обеспечить изделию не только высокие эксплуатационные показатели и параметры, но и придать красивую внешнюю отделку.

Данные рентгеноспектрального анализа позволяют говорить о торговых связях Полоцкой земли с отдаленными производственными центрами Северной и Центральной Европы не только в XIII в., о чем имеются письменные сведения, но и в X—XI вв., когда местные кузнецы рационально использовали привозную сталь, отличающуюся гаммой примесей от железа, для изготовления комбинированных железно-стальных пакетных изделий. На позднем этапе кузнечное ремесло было ориентировано на преимущественный сбыт своей продукции на рынке. Происходила постепенная узкая специализация городского металлообрабатывающего ремесла. В нем зарождаются элементы цехового устройства.

Металлографические исследования кузнечной продукции XIV—XVIII вв. с территории Полоцкой земли свидетельствуют о преемственности технологических знаний предшественников мастерами в период Великого княжества Литовского.

Приложение

Таблица. **Результаты металлографического анализа кузнечной продукции Полоцкой земли**

Археологический памятник	№ анализов	Название предметов	Датировка, век	Структурные составляющие	Номер (балл) зерна	Микротвердость, кг/мм²	Примечания, выводы
1	2	3	4	5	6	7	8
Полоцк	1	нож	IX—X	феррит перлит	1,8	159 199	в лезвии с одной стороны наблюдается науглероженная полоска
»	2	»	XIII	феррит перлит	1,6—8	155	неравномерное науглероживание
»	3	»	XII	феррит перлит троостит	6—8	157 206 376	наварка стальной рабочей полосы на узорчатое лезвие и термообработка
»	4	»	XI	феррит перлит	5,7—8	126 230	изготовлен из многослойной («пакетной») заготовки
»	5	»	XII	феррит перлит мартенсит	2,6—8	116 193 464	на железную основу наварено многослойное лезвие, а затем стальная кромка; изделие термообработано
»	6	»	IX	феррит перлит	5—8	95 201	цементация лезвия (?)
»	7	»	XII	феррит перлит троостит	1,5	165 352	наварка стальной рабочей части на неравномерно науглероженную основу и термообработка изделия
»	8	»	XI	феррит перлит	1,6—8	115 256	неравномерное науглероживание металла
»	9	»	XII	феррит перлит троостит мартенсит	5—7	104 216 383 464	наварка стальной рабочей части на неравномерно науглероженную основу и термообработка
»	10	»	X	феррит перлит троостит мартенсит	2—4	160 237 468 569	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	11	»	XII	феррит перлит сорбит	1	172 212 261	наварка стальной полосы на железную основу и термообработка
»	12	»	X	феррит	1—2	168	цельножелезный нож
»	13	»	IX	феррит	1—4	177 234*	* высокая микротвердость в деформированных зернах

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
Полоцк	14	нож	IX	феррит	2—5	175	цельножелезный нож
»	15	»	XII	феррит перлит троостит	7—8	138 218 416	наварка стального лезвия на неравномерно науглероженную основу и термообработка
»	16	топор (лезвие)	XII	феррит перлит троостит мартенсит	7—8 5	209 251 455 582	вварка стальной рабочей части в железное лезвие
»	17	шпора	XI—XII	феррит перлит	4—6	121	внешняя поверхность инкрустирована бронзовыми пластинками
Витебск, Верхний замок	1	нож	XII	феррит перлит мартенсит	4—7	143 216 518	цементация и термообработка рабочей части лезвия
»	2	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	4—6	117 198 574	на основу, сваренную из двух полос, наварена стальная рабочая часть и закалена
»	3	тесло	XIII	феррит	3,6	138	изготовлено по упрощенной технологии из кричного железа
»	4	топор	XII—XIII	феррит перлит мартенсит	3—5	197 216 613	вварка стальной рабочей части и термообработка
»	5	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	2—6	254 292 423	косая наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	6	шпора	XIII	феррит	4—6	129	изготовлена из железа
»	7	»	XI—XII	феррит	5	118	поверхность инкрустирована бронзовыми пластинками
»	8	»	XIII	феррит	3,7	142	изготовлена из железа
»	9	серп	XI—XII	феррит перлит мартенсит	7 4	123 216 722	изготовлен из стали, применена местная закалка лезвия
»	10	дужка от ведра	XIII	феррит	4	133	изготовлена из железа
»	11	»	XIII	феррит	3,6	122	»
Витебск, Нижний замок	1	нож	XII	феррит перлит троостит	3—7	136 212 453	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	»	XIII	феррит перлит	2,6	129	металл слабо и неравномерно науглерожен
»	3	»	X—XI	феррит перлит троостит мартенсит	3—5,8	189 234 527 642	трехполосный пакет, средняя стальная полоса закалена, одна боковая полоса многослойная
»	4	»	X	феррит перлит	6—8	123 202	неравномерно науглероженный металл
»	5	»	XII	феррит перлит сорбит	4—6	146 232 352	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	6	»	XIII	феррит сорбит	3—6	118 322	наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	7	»	XII	феррит перлит сорбит	4—7	152 209 326	между двумя железными пластинами вварена стальная полоса до половины ширины лезвия и термообработана
»	8	»	XII—XIII	феррит троостит мартенсит	3,7	134 431 578	на железную основу наварена стальная рабочая часть ■ закалена
»	9	»	XIII	феррит сорбит	5—7	124 376	»
»	10	»	XII	феррит перлит мартенсит	4—8	119 216 532	»

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
Витебск, Нижний замок	11	нож	XII	феррит перлит сорбит	3,7	125 352	трехполосный пакет, но средняя стальная полоса не выходит на поверхность спинки, термообработан
»	12	»	XIII	феррит перлит троостит	5—8	117 436	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	13	»	XII—XIII	феррит перлит	2,6—8	122	на железную основу наварена низкоуглеродистая рабочая часть
»	14	»	XIII	феррит перлит	6—7	139 212	»
»	15	»	XIII	феррит троостит	6—7	132 489	стальная наварка с термообработкой
»	16	»	XI	феррит	6	124	цельножелезный
»	17	»	XII	феррит перлит	4—5	147 197	на железную основу наварена стальная рабочая часть
»	18	»	XIII	феррит	5—7	139	цельножелезный
»	19	»	XII	феррит троостит мартенсит	5	128 624	лезвие сварено из железной и стальной полос, затем закалено
»	20	»	XIII	феррит сорбит	4—6	132 316	наварка стальной рабочей части и термообработка
»	21	»	XIII	феррит перлит сорбит	2,6	133 376	■ полосчатую основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	22	»	XIII	феррит перлит мартенсит	6,8	188 209 572	на узорчатую основу лезвия наварена дважды стальная рабочая часть, предмет закален
»	23	»	XII	феррит перлит сорбит	1—3,7	121 322	на железную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	24	»	XIII	феррит мартенсит	2	172 560	лезвие сварено из железных и тонких стальных полос, закалку приняла сталь
»	25	»	XI	феррит перлит	7—8	123 201	сталь с неравномерным распределением углерода
»	26	»	XIII	феррит мартенсит	1—4	181 585	наварка стальной рабочей части на железную основу и закалка
»	27	»	XI—XII	феррит сорбит мартенсит	1	155 383 564	трехполосный пакет, средняя стальная полоса закалена
»	28	»	XIII	феррит перлит	7—8	121 258	локальная цементация рабочей части лезвия
»	29	топор	XIII	феррит троостит(?)		125 487	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	30	рыболовный крючок	XII	феррит	6	119	цельножелезный
»	31	топор	XIII	феррит перлит мартенсит	4—6	123 623	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	32	ножницы	XIII	феррит перлит		119	изготовлены из неравномерно науглероженного железа (?)
»	33	наковальня	XII	феррит перлит	6	164 232	изготовлена из стали
»	34	замок	XIII	феррит перлит	5—7	131 209	детали изготовлены из железа и стали
»	35	ключ	XIII—XIV	феррит	4,6	107* 170	употреблена пайка; * в одной из деталей
»	36	нож	XIII	феррит мартенсит	4—6	117 577	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена

1	2	3	4	5	6	7	8
Витебск, Нижний замок	37	нож	XIII—XIV	феррит мартенсит	4	134 574	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	38	топор	XIV	феррит троостит	1,5—7	170 405	косая наварка стального лезвия на железную основу с последующей закалкой
»	39	ножницы	XIV	феррит перлит	5	163 216	изготовлены из стали
»	40	кресало	XIII	феррит перлит	4—6	163 228	использован неравномерно науглероженный металл
Минск	1	нож	XIII	феррит перлит мартенсит	6	162 241 464	односторонняя цементация и термообработка лезвия
»	2	»	XII	феррит мартенсит	3—5	131 579	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	3	»	XI	феррит перлит	4—6 5	104 209	цементация лезвия
»	4	»	XI—XII	феррит перлит сорбит	7—8	181 211 319	цементация лезвия с последующей закалкой рабочей части
»	5	»	XII—XIII	феррит перлит	8	179 275	цельностальной
»	6	»	XI—XII	феррит перлит мартенсит	2	184 291 583	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	7	»	XII	феррит мартенсит	1,6—7	172 469	»
»	8	»	XII	феррит мартенсит	1,5	146 745	»
»	9	»	XIII	феррит перлит троостит мартенсит	1,6	162 240 464 577	к железной спинке приварено стальное лезвие, термообработанное в рабочей части
»	10	»	XII	феррит перлит сорбит троостит	1,6—8	194 304 395 451	на неравномерно науглероженную и сваренную основу наварена низкоуглеродистая рабочая часть; была попытка закалить изделие, сорбит и троостит в зоне спинки
»	11	»	XIII	феррит перлит мартенсит	6—7	164 272 563	на узорчатую основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	12	»	XI	феррит перлит	5—8 3	109 238	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	13	»	XII	феррит перлит троостит	4—6,8	143 239 465	наварка стальной полосы с последующей закалкой
»	14	»	XIII	феррит перлит троостит мартенсит	7—8	194 279 458 743	изготовлен из стали и закален, по бокам имеются обезуглероженные участки
»	15	»	XIII	феррит перлит	6—8	119 243	наварка стальной рабочей части на основу, сваренную из многих полос железа и стали
»	16	»	XIII	феррит перлит	3,6—7	172 262	лезвие сварено из шести полос металла с разным содержанием углерода, на режущей кромке—сталь
»	17	»	XII	феррит перлит	7	131	на стальную основу наварена неравномерно науглероженная рабочая часть

1	2	3	4	5	6	7	8
Минск	18	нож	XII	феррит перлит	7—8	168 258	наварка низкоуглеродистой стальной пластины
»	19	»	XI	феррит сорбит мартенсит	5—7	194 376 689	неравномерно науглероженный металл, термообработан в рабочей части лезвия
»	20	»	XI	феррит троостит	6—8	170 455	лезвие сварено из двух (трех?) пластин, термообработано в рабочей части
»	21	»	XI	феррит перлит мартенсит	5—7	149 582	изготовлен из неравномерно науглероженной стали, закален
»	22	»	XIII	феррит перлит мартенсит мартенсит*	1,4—7	125 204 437 395	наварка стального лезвия на многослойную основу с закалкой; изготовление ножа не завершено; * в зоне спинки
»	23	»	XI	феррит троостит	5—8	136 437	трехполосный пакет, но с одной стороны не железная, а стальная полоса; термообработан
»	24	»	XIII	феррит троостит	5—7	125 429	на железную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	25	»	XIII	феррит мартенсит	1—2	138 548	наварка стального лезвия с последующей закалкой
»	26	»	XII	феррит сорбит	5—7	159 322	цементация с последующей местной закалкой рабочей части лезвия
»	27	»	XI—XII	феррит перлит	1,4—7	162 201	полосчатая структура металла
»	28	»	XI	феррит сорбит	1—4	186 306	подобие трехполосной схемы с термообработкой
»	29	»	XIII	феррит мартенсит	3—6	127 536	наварка стального лезвия с последующей закалкой
»	30	»	XIII	феррит мартенсит	4	153 724	наварка стального лезвия на железную основу и закалка
»	31	»	XII	феррит перлит	1	126 212	некачественная наварка (железо вместо стали)
»	32	»	XI	феррит мартенсит	6—8	143 724	односторонняя цементация лезвия с последующей закалкой
»	33	»	XIII	феррит троостит	6—8	116 560	»
»	34	»	XIII	феррит троостит	2,8	162 464	наварка стального лезвия на многослойную основу и закалка
»	35	»	XII	феррит перлит мартенсит	4—7	177 272 577	изготовлен из неравномерно науглероженного металла и закален
»	36	»	XII	феррит	4—6	196	цельножелезный
»	37	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1—3	124 548	наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	38	»	XIII	феррит перлит	3—6	121 194	торцовая наварка низкоуглеродистой стали на железную основу; есть нитриды
»	39	серп	XI	феррит перлит	6	153	цельножелезный, перлита мало
»	40	»	XIII	феррит	2	194	»
»	41	»	XIII	феррит перлит сорбит	6—8	128 266 364	на неравномерно науглероженную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	42	коса	XIII	феррит перлит	3—8	132 245	использован низкоуглеродистый металл
»	43	сошник	XII—XIII	феррит перлит	1—6	179 201	металл науглерожен неравномерно

1	2	3	4	5	6	7	8
Минск	44	наконечник копья	XII	феррит перлит		143	металл науглерожен неравномерно
»	45	»	XIII	феррит перлит	1—7	128 196	»
»	46	стремя	XIII	феррит перлит		99 205	изготовлено из среднеуглеродистой стали
»	47	наконечник стрелы	XI	феррит	4—7	183	цельножелезный
»	48	»	XII	феррит перлит		311	изготовлен из высокоуглеродистой стали, содержание углерода — до 0,7%
»	49	наконечник стрелы	XII	феррит сорбит	5—7	159	сварен из двух полосок (железной и стальной), термообработан
»	50	»	XI	феррит	4,7	179	цельножелезный
»	51	»	XII	феррит	1,6—7	159	»
»	52	наконечник дротика	XIII	феррит перлит	6—8	126 274	перо с одной стороны науглерожено
»	53	топор	XII	феррит перлит	5—7	168 222	односторонняя цементация лезвия
»	54	»	XIII	феррит троостит мартенсит	1—3	159 478 822	косая наварка лезвия с термообработкой
»	55	долото	XI	феррит перлит	5—7	127 199	использован неравномерно науглероженный металл
»	56	ножницы пружинные	XI—XII	феррит мартенсит	5—7	140 673	металл науглерожен неравномерно, термообработан
»	57	кресало	XII	мартенсит		612	рабочая часть стальная, закаленная
»	58	тесло втульчатое	XII	феррит перлит троостит		153 481	на железную неравномерно науглероженную основу наварена стальная и закалена
»	59	коса	XIII—XIV	феррит перлит	2,6—7	145 212	лезвие сварено из трех полос, боковая стальная не выходит на режущую кромку
»	60	шпора	XII—XIII	феррит	3—8	122	изготовлена из железа
»	61	ключ	XII	феррит	4	132	покрытие из бронзы
»	62	наконечник стрелы	XIII	феррит перлит	2—4	132 206	неравномерное науглероживание металла
»	63	наконечник стрелы	XIII	феррит перлит	5—7	144	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	61	наконечник стрелы	XIII	феррит перлит	6—7	139	использован слабо науглероженный металл
Заславль, городище Вал	1	нож	XI	феррит перлит мартенсит	2—5	135 232 689	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	1,6—8	188 224 572	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	3	»	XI	феррит перлит троостит мартенсит	2,6	142 416 644	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	4	»	X—XI	феррит	1,5	146	цельножелезный
»	5	»	XIII	феррит перлит	1,5—7	157	содержание углерода в металле незначительно

1	2	3	4	5	6	7	8
Заславль, городище Вал	6	нож	XII—XIII	феррит троостит мартенсит	7	443 599	нож цельностальной, термообработанный
»	7	»	XIV	феррит перлит сорбит	6—7	159	цементация (?) и закалка лезвия
»	8	»	X—XII	феррит перлит мартенсит	5—7	477 183	к разнородной основе приварена рабочая стальная часть и термообработана
»	9	»	X—XI	феррит перлит троостит мартенсит	5—6	462 188 203	трехполосный пакет, средняя стальная полоса закалена; спинка инкрустирована бронзовыми пластинками
»	10	»	XIII	феррит троостит мартенсит	1,6	583 183 437	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	11	»	XII	феррит троостит мартенсит	1—3,7	569 178 452	»
»	12	»	X	феррит перлит троостит мартенсит	7—8	571 172 204 441 564	цельностальной нож, есть термообработанные зоны
»	13	»	XII—XIII	феррит	1,4—6	158	цельножелезный
Заславль, городище Замэчек	14	»	X—XI	феррит перлит сорбит	1,4—7	158 206 397	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	15	»	X—XI	феррит перлит троостит мартенсит	1—5	149 212 549 739	трехполосный пакет, средняя стальная полоса закалена
Заславль, городище Вал	16	»	XII—XIII	троостит мартенсит		427 622	изготовлен из двух стальных пластин и закален
»	17	коса	X—XI	феррит перлит сорбит	4—7	119	наварка стального лезвия на неравномерно науглероженную основу
»	18	серп	X—XI	феррит	3—6	135	цельножелезный
»	19	»	XII	феррит перлит	4,7	163	использована многослойная заготовка
»	20	»	X—XI	феррит	2,6	139	цельножелезный
»	21	кресало	XII	феррит перлит троостит	5—7	162 433	изготовлено сваркой железной и стальной пластин, закалено
»	22	шпора	XIV	феррит перлит	2,6	152 264	изготовлена из неравномерно науглероженного металла
»	23	»	X—XI	феррит перлит	3—6	149	»
»	24	удила	XII—XIII	феррит перлит	5—7	138 197	»
»	25	стремя	XII	феррит перлит	3,5—7	125	»
»	26	»	XI	феррит перлит	4—6	133 224	использована заготовка, сваренная из двух пластин
»	27	сошник	X—XI	феррит перлит	2—5	131	изготовлен из слабо науглероженного кричного железа
»	28	мотыга	XIV	феррит перлит	3,6—7	122 216	неравномерно науглероженный металл обработан способом пакетирования сырья
»	29	подковка	XIV	феррит перлит	4,7	113	изготовлена из слабо и неравномерно науглероженного металла
»	30	скоба	XIII	феррит	6	121	металл содержит много включений шлака

1	2	3	4	5	6	7	8
Заславль, городище Вал	31	наконечник копья	XIII	феррит		142	изготовлен из железа
»	32	»	XIV	феррит		157	»
»	33	»	X	феррит перлит	4—6	143 289	изготовлен из стали
Менка, городище	1	коса	XII	феррит перлит	5—8	137	изготовлена из неравномерно науглероженного металла
»	2	нож	XII	феррит сорбит	6	316	изготовлен методом пакетирования и термообработан
»	3	»	XI	феррит сорбит	7—8	142	изготовлен методом пакетирования с последующей термообработкой
»	4	»	XIII	феррит перлит мартенсит	3,6—8	128 231 654	локальная цементация с термообработкой
»	5	топор	X	феррит	2,4—7	119	лезвие сделано из псевдопакетной заготовки
»	6	»	XII	перлит цементит мартенсит		273 642	использована высокоуглеродистая сталь, применена местная закалка рабочей части лезвия
Менка, селище	1	нож	X—XI	феррит перлит троостит мартенсит	1.6	172 210 549 673	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	»	X—XI	феррит перлит	7—8	137 237	псевдопакет (?)
»	3	»	XIII	перлит цементит		327 473	изготовлен из высокоуглеродистой стали
»	4	»	XII	феррит перлит сорбит троостит	3—5	140 216 383 483	наварка стальной рабочей части на железную основу и закалка
»	5	»	X	феррит перлит	4	209 274	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	6	»	XI	феррит троостит мартенсит	4,8	126 455 946	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	7	»	XII	феррит перлит мартенсит	5	134 237 572	на спинке мало углерода, термообработан
»	8	»	XI	феррит перлит	3—5	151 230	локальная цементация (?)
»	9	»	XII	феррит перлит сорбит мартенсит	3	159 317 464	вварка стальной полосы между двумя железными пластинами и термообработка
»	10	»	X—XI	феррит перлит сорбит	1,5—8	184 254 383	трехполосный пакет, термообработана средняя стальная полоса
»	11	»	XI	феррит перлит	5—8	131 183	локальная цементация
»	12	»	XII	феррит троостит мартенсит	2	179 413 560	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	13	»	XI	феррит перлит	7—8	159 233	для изготовления ножа использован неравномерно науглероженный металл
»	14	»	X	феррит перлит сорбит	5—7	133 212 381	трехполосный пакет, термообработан в рабочей части лезвия
»	15	»	X	феррит	1—3	172	цельножелезный

1	2	3	4	5	6	7	8
Менка, селище	16	нож	XI	феррит перлит	1,6—8	179 233	использована многослойная заготовка
»	17	»	XIII	феррит сорбит	2,4—7	166 387	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	18	»	XII	феррит перлит сорбит	5—7	117 266 374	цементация и местная термообработка
»	19	»	XII	феррит перлит	4	209 327	вварка стальной рабочей части
»	20	»	XI	феррит перлит	8	153 262	цементация лезвия (?)
»	21	»	XII	феррит сорбит	7	103 363	цельностальной, термообработанный; углерод распределен неравномерно
»	22	»	XI	феррит перлит	4—6	172 216	на железную основу лезвия наварена стальная спинка
»	23	»	XI	феррит перлит	4—7	142 307	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	24	»	X	феррит перлит	6	148 233	»
»	25	»	XI	феррит перлит	8	168 302	использована псевдопакетная заготовка
»	26	»	X	феррит сорбит	4—6	183 322	стальной, термообработан; на спинке углерода мало
»	27	»	IX	феррит	2	166	цельножелезный
»	28	»	IX	феррит перлит мартенсит	6	138 642	изготовлен из неравномерно науглероженного металла сваркой двух полос с последующей термообработкой
»	29	коса	XIII	феррит перлит троостит мартенсит	5—8	123 254 421 548	цементация лезвия с последующей местной закалкой
»	30	нож	XII	феррит перлит	6—8	136 227	наварка стального лезвия на многослойную основу
»	31	»	XII	феррит перлит	3,7	138 230	наварка стального лезвия на железную основу
»	32	серп	XII	феррит перлит троостит	1,6	162 233 465	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	33	нож	IX	феррит перлит	5—6	101 203	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	34	»	IX	феррит перлит	8	106 224	»
»	35	»	XIII	феррит мартенсит	3	142 464	стальной, термообработан; есть островки феррита
»	36	»	XIII	сорбит		383	цельностальной, термообработан
»	37	»	IX	феррит	3	129	цельножелезный
»	38	»	IX	феррит перлит	2,5—7	164 216	цементация лезвия (?)
»	39	»	X	феррит перлит мартенсит	4—7	181 644	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	40	»	X—XI	феррит перлит мартенсит	2—4	114 623	»
»	41	»	X	феррит перлит сорбит	2—4,7	177 274 316	»
»	42	»	XII	феррит перлит сорбит	6.8	142 367	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана

1	2	3	4	5	6	7	8
Менка, селище	43	нож	XI	феррит перлит троостит	6—7	142 279 412	многослойный «пакет», средняя полоса и рабочая часть лезвия термообработаны
»	44	»	XI	троостит		438	цельностальной, термообработанный
»	45	»	IX	феррит перлит	5—7	138 216	изготовлен из неравномерно науглероженного железа
»	46	»	IX	феррит перлит сорбит	7	122 213 365	цементация и местная термообработка рабочей части лезвия
»	47	»	XII	сорбит троостит		354 462	цельностальной, термообработанный
»	48	»	XIII	троостит		482	»
»	49	»	XIII—XIV	феррит перлит сорбит	5	119 214 394	изготовлен из неравномерно науглероженного металла и термообработан
Лукомль, городище	1	нож	XII	феррит перлит сорбит	2,5—7	172 202 319	на многослойную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	2	»	XIII	феррит перлит сорбит	3,6—7	138 217 327	»
»	3	»	X	феррит перлит	5—8	126 262	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	4	»	XIII	феррит перлит мартенсит	3—5	179 222 689	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	5	»	XII	феррит перлит сорбит	5—8	142 220 383	на узорчатую основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	6	»	X	феррит перлит	7—8	114 205	цельностальной
»	7	»	XIII—XIV	феррит перлит	1—3,7	121	локальная цементация (?)
»	8	»	XI	феррит перлит	5—7	133	использована многослойная заготовка
»	9	»	X	феррит перлит	3—7	128 198	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	10	»	XII	феррит перлит мартенсит	6—8	101 201 560	на неравномерно науглероженную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	11	»	XIII	феррит перлит сорбит	2—7	125 317	на железную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	12	»	XI	феррит перлит сорбит	4—6 5	144 225 332	»
»	13	»	XIII	феррит перлит сорбит	6—8	128 219 333	изготовлен из неравномерно науглероженного железа и закален
»	14	»	XI	феррит перлит сорбит	2,5	198 280 311	»
»	15	»	IX	феррит перлит	6	126 247	цементация рабочей части лезвия
»	16	»	XIII	феррит перлит сорбит	6—7	119 382	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	17	»	XII	феррит сорбит	2,4—6	143 322	»
»	18	»	XIII	феррит перлит троостит	1,5—7	197 216 462	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано

1	2	3	4	5	6	7	8
Лукомль, городище	19	нож	XII	феррит перлит сорбит	4—7	151 274 392	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	20	»	XIII	феррит перлит троостит мартенсит	3—7	135 219 572 657	сварен ■ железных и стальной полос, местная закалка рабочей части лезвия
»	21	»	XIII	феррит перлит сорбит	3,6	159 241 383	изготовлен из неравномерно науглероженного металла (возможно, цементация), местная закалка рабочей части лезвия
»	22	»	XII	феррит перлит сорбит	6—8	175 224 357	наварка стального лезвия на полосчатую основу и термообработка
»	23	»	XIII	феррит перлит сорбит	5—8	117 292 306	на железную основу наварена стальная рабочая часть лезвия и термообработана
»	24	»	XII	феррит сорбит	2—7	153 311	лезвие сильно сточено; возможно, была наварка
»	25	»	XIII	феррит перлит троостит	4—7	140 429	■ многослойную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	26	»	XIII	феррит перлит троостит	4—8	142 283 455	наварка стального лезвия из неравномерно науглероженную основу и термообрзботка
»	27	»	X	феррит	4,6—7	125	изготовлен из согнутой пополам и сваренной железной заготовки
»	28	»	XIII	феррит перлит троостит	6—7	114 221 405	вероятно, наварка стального лезвия на железную основу и местная закалка
»	29	»	XII	феррит перлит	4,7	142 251	наварка стальной рабочей части ■ неравномерно науглероженную основу
»	30	»	XII	феррит перлит сорбит	2—3	151 243 362	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	31	»	XI	феррит перлит сорбит	4,8	168 269 383	стальной многослойный «пакет», термообработан
»	32	»	XII	феррит перлит	1—3,7	177 258	наварка низкоуглеродистой стали на железную основу
»	33	»	XIII	феррит перлит сорбит	3,6—7	172 363	наварка стального лезвия на железную основу, местная закалка
»	34	»	XII	феррит перлит	1,6	183 206	на железную основу наварена стальная рабочая часть
»	35	»	XII	феррит	1—2	188	неудачная наварка, есть нитриды у режущей кромки
»	36	»	XIII—XIV	перлит		240	цельностальной
»	37	»	XII	феррит перлит сорбит	6 4	142 231 375	наварка стального лезвия и термообработка
»	38	»	XIII	феррит перлит троостит	5—8	130 216 429	наварка стальной рабочей части на неравномерно науглероженную основу и закалка
»	39	»	XIII	феррит перлит сорбит	3—8	155 237 311	на неравномерно науглероженную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	40	»	XII	феррит перлит	1,6—7	126 186	наварка низкоуглеродистой стали на железную основу
»	41	»	X	феррит сорбит	6	125 308	сварен ■ железных и стальных полос, термообработан
»	42	»	XI	троостит		429	цельностальной, закаленный

1	2	3	4	5	6	7	8
Лукомль, городище	43	нож	XI	феррит перлит	5—6	133 211	многослойный псевдопакет
»	44	»	X	троостит мартенсит		452 621	сварен из двух стальных полос, термообработан
»	45	»	X	феррит сорбит	4—6	152 341	лезвие многослойное, термообработано
»	46	»	IX	феррит перлит	3—5	113	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	47	»	XII	феррит перлит троостит	4—8	163 429	на многослойную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	48	серп	X	феррит	2—5	142	цельножелезный, есть нитриды
»	49	наконечник копья	XI	феррит перлит	1,5—6	122 194	изготовлен из слабо науглероженного кричного железа
»	50	серп	XIII	феррит перлит сорбит	3—6	147 216 362	цельностальной, местная закалка лезвия
»	51	топор	XI	феррит перлит	3,6—8 3—4	177 262	лезвие топора изготовлено из многослойного низкоуглеродистого металла; на режущей кромке есть высокоуглеродистая вставка
»	52	серп	XI	феррит перлит	7—8	138 219	использована многослойная низкоуглеродистая заготовка
Лукомль, селище	1	нож	XII	феррит перлит сорбит	6—8	121 216 317	торцовая наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	2	»	XIII	феррит перлит		159 232	цельностальной, феррита мало
»	3	»	XII	феррит перлит троостит	3—7	104 213 473	наварка стального лезвия [illegible] неравномерно науглероженную основу и закалка
»	4	серп	XI	феррит троостит мартенсит	5—8	151 412 503	изготовлен из многослойной заготовки, термообработан
»	5	нож	XII	феррит перлит	4—8	122 223	наварка железного лезвия [illegible] неравномерно науглероженную основу
»	6	»	XII	феррит перлит сорбит	4	190 247 397	на узорчатую основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	7	»	X	феррит перлит	3—6	103	псевдопакет, есть нитриды
»	8	»	XII	феррит перлит сорбит	5—8	107 216 324	наварено стальное лезвие и термообработано
»	9	»	XIII	феррит перлит троостит	5—7	110 228 464	»
»	10	»	XIII	феррит перлит мартенсит	8	157 231 548	цельностальной, местная закалка рабочей части лезвия
»	11	топор	XII	феррит перлит троостит	6	125 218 455	оварка стальной рабочей части в железную основу лезвия и закалка
»	12	»	XIII	феррит мартенсит	6	168 572	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	13	сошник	XIII	феррит	1—3	191	цельножелезный
»	14	топор	XII	троостит		488	стальная закаленная рабочая часть
»	15	нож	XIII	феррит перлит сорбит	2,5—7	135 202 316	наварено стальное лезвие и термообработано

1	2	3	4	5	6	7	8
Лукомль, селище	16	нож	XII	феррит перлит	3,5	118	использован слабо и неравномерно науглероженный металл
»	17	»	X	феррит перлит сорбит	4—8	134 267 383	трехполосный пакет, боковые полосы многослойные, средняя стальная—термообработана
»	18	»	XIII	феррит перлит	1,5	142 207	локальная цементация рабочей части лезвия
»	19	наконечник стрелы	XII	феррит	4	117	цельножелезный
»	20	нож	XII	феррит перлит мартенсит	6—7	152 216 568	наварка стального лезвия [illegible] последующей закалкой
Старо-Борисов	1	нож	XIII	феррит перлит	2—3,7	177 204	односторонн[illegible] цементация лезвия
»	2	»	XII	феррит троостит мартенсит	4—5	193 464 585	наварка стального лезвия на железную основу и закалка
»	3	»	XIII	феррит перлит сорбит	3,6—8	118 206 376	»
»	4	нож	XII	феррит перлит	3,5—8	172 233	односторонняя цементация лезвия
»	5	»	XIII	феррит перлит	5—6	183 266	изготовлен из неравномерно науглероженной стали
»	6	»	XII	феррит перлит сорбит	5	151 194 376	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
Орша	1	коса (?)	XIII	феррит перлит	3—8	115 219	науглероженяе наблюдается [illegible] одной стороны лезвия
»	2	нож	XIII	феррит перлит сорбит		168 258 346	изготовлен из неравномерно науглероженной стали [illegible] последующей термообработкой
»	3	»	XII	феррит перлит	4,7	142	неудачная наварка (?)
»	4	»	XII	феррит троостит	3,6	190 464	наварка стальной рабочей части на железную основу и закалка
»	5	»	XIII	феррит перлит	6—8	149 203	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
Логойск	1	нож	XII	феррит перлит	6—8	134 272	цементация рабочей части лезвия или неравномерное науглероживание
»	2	»	XIII	феррит перлит	4—8	159 212	»
»	3	»	XII	феррит перлит	4—7	126 201	основа лезвия сделана из неравномерно науглероженного металла
»	4	»	XIII	феррит перлит троостит	1—2,7	188 226 446	на слабо и неравномерно науглероженную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	5	»	XIII	феррит перлит	2,7	207 283	цементация рабочей части лезвия (?)
»	6	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1,7—8	209 263 455	наварка стального лезвия на железную основу, местная закалка рабочей части
»	7	»	XIII	феррит перлит	1,5—7	142 268	на железную основу наварено стальное лезвие
Копысь	1	»	XII	феррит перлит мартенсит	2—4,8	206 707	наварка стальной рабочей части на железную основу лезвия [illegible] закалка

1	2	3	4	5	6	7	8
Копысь	2	нож	XIII	феррит перлит сорбит	3,6—7	155 271 327	изготовлен из неравномерно науглероженной стали и термообработан
»	3	»	XIII	феррит перлит сорбит	3,7	127 216 383	наварка рабочей стальной части на неравномерно науглероженную сварную основу лезвия
»	4	»	XIII	феррит перлит троостит	5—8	143 462	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	5	»	XIII	феррит перлит мартенсит	4—8	146 227 536	»
»	6	»	XII	феррит перлит мартенсит	6	155 287 472	наварка стальной рабочей части на неравномерно науглероженную основу и закалка
»	7	»	XII	феррит	3—5	131	неудачная наварка (?)
»	8	»	XI	феррит перлит	7—8	196 244	многослойный псевдопакет
»	9	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	4—7	148 217 483	наварка стальной рабочей части и спинки на железную основу и закалка
»	10	серп	XII	феррит перлит	3—7	126 214	изготовлен из неравномерно науглероженной стали
Масковичи	1	нож	XII	феррит перлит	3—5	123 227	цементация рабочей части лезвия
»	2	»	XIII	феррит перлит	6—8 3	113 210	есть феррит на границах перлитных участков; нож цельностальной
»	3	»	XIII	феррит перлит	4	104 219	цементация рабочей части лезвия, есть нитриды
»	4	»	XII	феррит перлит троостит	5,8	110 473	железная спинка приварена к псевдопакетному лезвию; нож термообработан
»	5	»	XI	феррит	3	151	цельножелезный
»	6	»	XII	феррит перлит мартенсит	2	114 466	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	7	»	XII	феррит	3	132	цельножелезный
»	8	»	XIII	феррит перлит мартенсит	7	149 216 633	изготовлен из неравномерно науглероженного металла с последующей закалкой
»	9	»	XI	феррит перлит	3	146 286	на железную основу наварено стальное лезвие
»	10	»	XIII	феррит перлит мартенсит	7	118 268 549	на неравномерно науглероженную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	11	»	XIII	феррит перлит	5—8	178 212	изготовлен из псевдопакетной заготовки
»	12	»	XII	феррит перлит	4—5	132 207	сделан из неравномерно науглероженной стали
»	13	»	XII	феррит перлит	3—5,8	136 210	цементация лезвия (?)
»	14	»	XII	феррит перлит сорбит	4	136 234 362	на узорчатую основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	15	»	XIII	феррит перлит сорбит	4—6	145 237 344	на железную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	16	»	XI	феррит перлит сорбит	5	117 237 322	»

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	17	нож	XII	феррит перлит мартенсит	1,6—8	185 231 564	»
»	18	»	XIII	феррит перлит мартенсит	3—5	138 216 577	»
»	19	»	XII	феррит	5—8	137	лезвие сварено из двух полос металла
»	20	»	XII	феррит перлит	7—8	126 229	изготовлен из многослойной заготовки
»	21	»	XIII	феррит перлит мартенсит	7	157 231 514	на многослойную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	22	»	XII	феррит перлит мартенсит	3—6	109 215 634	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	23	»	XIII	феррит перлит троостит	2—4,8	164 508	»
»	24	»	XIII	феррит перлит	2,8	153 221	на железную основу наварена стальная рабочая часть
»	25	»	XIII	феррит перлит мартенсит	4—8	116 207 707	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	26	»	XII	феррит перлит мартенсит	1—5	181 824	»
»	27	»	XI	феррит перлит	1—4	101 179	изготовлен из неравномерно и слабо науглероженного металла
»	28	серп	XIII	феррит перлит	6—8	138 211	»
»	29	нож	XII	феррит перлит	1,7	159 195	»
»	30	»	XIII	феррит перлит	1,6—8	103 181	в железную основу вварена стальная спинка, в лезвии есть нитриды
»	31	»	XII	феррит перлит	2—5,8	190 222	в приваренной части лезвия имеются нитриды
»	32	»	XIII	феррит перлит сорбит	1—6,8	183 297 316	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	33	серп	XIII	феррит перлит	6—8	186	использована многослойная заготовка
»	34	острога	XII	феррит	1,6	159	сделана из железа
»	35	нож	XIII	феррит перлит мартенсит	2,8	183 216 517	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	36	»	XI	феррит	4	168	цельножелезный
»	37	»	XII	феррит перлит	3—6	142 192	неудачная наварка неравномерно науглероженного металла
»	38	»	XI	феррит перлит	3—8	177 212	изготовлен из многослойной заготовки с неравномерным распределением углерода в металле
»	39	»	XII	феррит перлит сорбит	1,5	138 351	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено с отпуском
»	40	»	XIII	мартенсит		724	изготовлен из стали и закален
»	41	»	XII	феррит перлит мартенсит	5—8	123 203 642	в железную спинку вварено стальное лезвие и закалено

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	42	нож	XII	феррит перлит мартенсит	5—7	116 194 715	цементация (возможно, наварка) лезвия и термообработка
»	43	»	XIII	феррит перлит мартенсит	2—4	162 274 693	на неравномерно науглероженную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	44	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1,4	143 221 425	»
»	45	»	XII	феррит перлит	8	160 237	вварена стальная рабочая часть в основу с неравномерным науглероживанием металла
»	46	»	XII	феррит перлит троостит	1—6	153 421	наблюдается подобие наварки на железную основу пластины с повышенным содержанием углерода и термообработкой
»	47	»	XIII	феррит перлит мартенсит	2—5	128 256 566	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	48	»	XIII	феррит перлит	1—6	114 247	цементация (?) многослойного лезвия, есть нитриды
»	49	»	XIII	феррит перлит сорбит	1—4	138 266 347	наварка стальной пластины и термообработка
»	50	»	XII	феррит троостит мартенсит	1—2	186 858	на железную основу наварена стальная рабочая часть лезвия и закалена
»	51	»	XII	феррит перлит	2—4	114 183	изготовлен из неравномерно науглероженного металла, есть нитриды
»	52	»	XII	феррит перлит мартенсит	1,8	206 634	на железную основу лезвия наварена стальная пластина и закалена
»	53	»	XI	феррит перлит	2—6	127 237	цементация (?) рабочей части лезвия
»	54	»	XIII	мартенсит		464	цельностальной, закален с отпуском
»	55	»	XII	феррит перлит мартенсит		162 239 724	изготовлен из неравномерно науглероженного металла и закален
»	56	»	XI	феррит перлит	2,6—8	103 206	использован неравномерно науглероженный металл
»	57	»	XI	феррит перлит	1—5,7	198	»
»	58	»	XII	феррит перлит	5—7	102 201	вварена рабочая часть одинаковой с основой лезвия структуры
»	59	»	XI	феррит перлит	1—4	183	использовано слабо науглероженное железо, есть нитриды
»	60	»	XII	феррит(?) перлит	2—3	206 239	наварка; своеобразная структура в основе лезвия
»	61	»	XII	феррит перлит мартенсит	1—3,7	159 238 907	на железную основу наварено стальное лезвие, местная закалка рабочей части
»	62	»	XII	феррит перлит мартенсит	5—6	164 465	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	63	»	XIII	феррит перлит	1—3	185 212	на режущей кромке и с одной стороны лезвия наварены стальные пластинки
»	64	»	XI	феррит перлит	4—6	132 276	изготовлен из неравномерно науглероженного железа
Масковичи	65	нож	XI	феррит перлит	4—5	137 189	псевдопакетное лезвие, есть нитриды
»	66	»	XI	феррит	1—3	196	цельножелезный
»	67	»	XII	феррит сорбит	2,7	182 351	наварка стальной рабочей части и термообработка
»	68	»	XII	феррит перлит	1—5,7	134 192	наварка стального лезвия на железную основу
»	69	»	XIII	феррит перлит мартенсит	2—6	203 649	[illegible] железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена с отпуском
»	70	»	XII	феррит перлит мартенсит	5—8	162 734	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	71	»	XII	феррит перлит	1,4—7	123 198	наварка низкоуглеродистой рабочей части на аналогичную основу лезвия
»	72	»	XI	феррит перлит	2,5—8	197 209	трехслойное лезвие, перлита мало
»	73	долото	XIII	феррит перлит	4—6	157 198	изготовлено [illegible] неравномерно науглероженного металла
»	74	топор	XI	феррит перлит	2,5	128 221	лезвие сделано из псевдопакетного металла
»	75	»	XII	феррит перлит	2,5—8	149 189	лезвие изготовлено из неравномерно науглероженного железа
»	76	тесло	XI	феррит перлит	1—2,7	134 215	лезвие многослойное из разнородного металла
»	77	коса	XII—XIII	феррит перлит	5—6	188 205	изготовлена пакетированием исходного металла
»	78	»	XI	феррит перлит сорбит	6—8	169 213 351	изготовлена по многослойной схеме с локальной закалкой лезвия
»	79	серп	XI	феррит перлит троостит	6 5	136 237 425	односторонняя цементация лезвия и термообработка
»	80	сошник	XII	феррит	6	116	цельножелезный
»	81	»	XII	феррит	2,5	193	много шлаковых включений
»	82	наконечник копья	XIII	феррит	2—3	114	цельножелезный
»	83	»	XII	феррит перлит	1,5	128 198	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	84	наконечник стрелы	XIII	феррит перлит	7 5	131 241	»
»	85	шпора	XII—XIII	феррит перлит	1,6	138	изготовлена из неравномерно науглероженного металла
»	86	ледоходный шип	XIII	феррит перлит	6—7	141	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	87	удила	XII—XIII	феррит	2—4,7	143	в металле наблюдаются выделения нитридов
»	88	»	XIII	феррит	1,5—7	157	»
»	89	»	XII—XIII	феррит перлит	4—8	136	»
»	90	удила	XII—XIII	феррит перлит	2,6—8	198 245	кольцо сделано из неравномерно науглероженного металла
»	91	»	XIII	феррит перлит	5—8	117	использован неравномерно науглероженный металл
»	92	блесна рыболовная	XII—XIII	феррит	3—5	175	в железе имеются выделения нитридов
»	93	острога рыболовная	XII	феррит перлит	2,6—8	159	железо науглерожено неравномерно

Зак. 182

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	94	крючок рыболовный	XIII	феррит	3,7	134	цельножелезный
»	95	»	XII—XIII	феррит перлит	7—8	138 206	изготовлен из низкоуглеродистой стали
»	96	»	XIII	феррит перлит	3,7	137 286	применена сварка разнородного металла
»	97	кресало	XII	феррит перлит мартенсит	7—8	189 1086	применено пакетирование железных и стальных пластин с последующей закалкой изделия
»	98	»	XII—XIII	феррит перлит	1,6—7 2	185 296	использован неравномерно науглероженный многослойный «пакет»
»	99	»	XI—XII	феррит перлит	5—8	117 193	сделано из неравномерно науглероженного железа
»	100	»	XIII	феррит перлит мартенсит	5—8	139 1027	применена сварка железных в стальных пластин [redacted] последующей закалкой изделия
»	101	пряжка	XII—XIII	феррит перлит	7	178 325	изготовлена из неравномерно науглероженного железа
»	102	»	XIII	феррит	1,4	179	цельножелезная
»	103	»	XIII	феррит перлит	5—8	132	использован неравномерно науглероженный металл
»	104	»	XII—XIII	феррит	2,5—7	126	цельножелезная
»	105	кресало	XII—XIII	феррит	4—7	166	применено пакетирование металла
»	106	мотыга	XIII	феррит	1,7	183	»
»	107	»	XII—XIII	феррит перлит	1,6—8	181 211	использован неравномерно науглероженный металл
»	108	сошник	XIII	феррит перлит	1—3	138	»
»	109	замок	XII—XIII	феррит перлит	4—6	114 209	применена горновая пайка; в железе есть нитриды
»	110	»	XII—XIII	феррит перлит	5—8	128 192	»
»	111	»	XII—XIII	феррит перлит	5—7	127 321	применена горновая пайка [redacted] использованием припоя на основе меди
»	112	»	XII—XIII	феррит	5—8	143	»
»	113	»	XII—XIII	феррит	4—6	181	»
»	114	ключ	XII	феррит перлит	3—8	159	использован многослойный металл
»	115	»	XII—XIII	феррит перлит	2,5—6	114	»
»	116	»	XIII	феррит перлит	5—7	142	железо науглерожено неравномерно
»	117	»	XII—XIII	феррит	1,5	138	цельножелезный, есть нитриды
»	118	кресало	XIII	феррит перлит	3—7	127 216	изготовлено из неравномерно науглероженного металла (стали)
»	119	пряжка	XIII	феррит перлит	5	115	использован слабо и неравномерно науглероженный металл
»	120	наконечник копья	XIII	феррит перлит	7	121	»
»	121	нож	XIII	феррит перлит сорбит	3—5	168	на основу с полосчатой структурой наварено стальное лезвие и термообработано

1	2	3	4	6	6	7	8
Масковичи	122	нож	XII	феррит перлит сорбит	4—8	142 376	вварена стальная полоса, выходящая на режущую кромку и термообработана
»	123	»	XI—XII	феррит перлит	3—6	101 241	науглерожена рабочая часть лезвия
»	124	»	XI	феррит перлит	2—6	103 247	использован неравномерно науглероженный металл
»	125	»	XII—XIII	феррит перлит сорбит	3—5	114 385	на железную основу наварена стальная рабочая часть и термообработана
»	126	»	XI	феррит перлит сорбит	5,8	134 373	многослойная структура, рабочая часть науглерожена и термообработана
»	127	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	5	116 195 548	косая наварка стальной пластины на сваренное [redacted] двух брусков лезвие [redacted] последующей закалкой
»	128	»	XI	феррит перлит	3—7	143 206	лезвие цементовано [redacted] рабочей части
»	129	»	XII—XIII	феррит перлит	1—3	153 204	на железную основу наварена рабочая часть из стали
»	130	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1,7—8	172 213 724	наварена стальная рабочая часть [redacted] закалена
»	131	»	XII	феррит перлит	2,7—8	155 224	на многослойную основу наварено стальное лезвие
»	132	»	XI	феррит перлит	1,6—7	136 211	односторонняя цементация (?)
»	133	»	XII—XIII	феррит перлит мартенсит	2—8	128 191 572	[redacted] неравномерно науглероженную основу наварена стальная рабочая часть и закалена
»	134	»	XIII	феррит перлит мартенсит	7—8	183 224 707	»
»	135	»	XI	феррит перлит сорбит	5—8	106 197 325	лезвие многослойное, в рабочей части термообработано
»	136	»	XII	феррит перлит сорбит	2,6—8	181 240 325	использован неравномерно науглероженный металл с последующей термообработкой
»	137	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1	186 743	на грубозернистую железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	138	»	XI	феррит перлит троостит	6—8	127 192 464	цементация (?) лезвия с последующей термообработкой рабочей части
»	139	»	XI—XII	феррит перлит сорбит	5—8	118 189 390	на многослойную основу наварено стальное лезвие [redacted] термообработано
»	140	пробойник	XII	феррит перлит	6	125	изготовлен из неравномерно науглероженного железа
»	141	долото	XIII	феррит перлит	3—4	143	»
»	142	нож	XI—XII	феррит перлит	5—8	149 198	»
»	143	»	XII—XIII	феррит перлит мартенсит	2,7—8	183 224 463	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	144	»	XII—XIII	феррит перлит	3—5 2	117 266	изготовлен [redacted] неравномерно науглероженного металла, есть видманштеттова структура
»	145	»	XI	феррит перлит	3,7—8	131 249	железо неравномерно науглерожено

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	146	нож	XII	феррит перлит сорбит	2,5—7	143 214 397	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	147	»	XII—XIII	феррит перлит троостит	3,5—8	138 219 514	на неравномерно науглероженную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	148	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	2,5—7	167 213 429	на железную основу наварены стальная рабочая часть и железная спинка; нож термообработан
»	149	»	XIII	феррит перлит мартенсит	1,5—7	166 227 599	использована технология наварки стального лезвия и закалки
»	150	»	XI	феррит перлит	3,6—8	178 205	изготовлен из заготовки, обработанной методом пакетирования сырья
»	151	»	XII—XIII	феррит перлит	1—3,7	172 195	наварка стального лезвия на железную основу
»	152	»	XII	феррит сорбит	4—5	114 316	на псевдопакетную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	153	»	XII	феррит перлит сорбит	3,7	128 199 274	»
»	154	»	XII	феррит перлит	2—4,7 4	177 279	на железную основу наварено стальное лезвие
»	155	»	XII—XIII	феррит перлит сорбит	1—3,7	126 211 339	на неравномерно науглероженную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	156	»	XI	феррит перлит	2,7—8	151 201	заготовка для ножа обработана способом пакетирования сырья
»	157	»	XI	феррит перлит	6—8	138 243	изготовлен из неравномерно науглероженного железа, есть сварные швы
»	158	»	XII—XIII	феррит перлит мартенсит	1—3,6	188 464	наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	159	»	XIII	феррит перлит мартенсит	3—6	137 205 462	»
»	160	»	XI	феррит	3—7	104	железный псевдопакет
»	161	»	XII—XIII	феррит мартенсит	1—3	190 514	изготовлен по технологии вварки, термообработан
»	162	»	XI	феррит перлит	3—5,7	123 213	металл обработан способом псевдопакетирования сырья
»	163	»	XIII	феррит перлит троостит	3—7	142 202 465	на железную основу наварена стальная рабочая часть и закалена с отпуском
»	164	»	XII—XIII	феррит перлит сорбит	6—8	168 225 321	наварка стального лезвия на железную основу и термообработка
»	165	»	XI—XII	феррит	2—4,6	209	цельножелезный
»	166	»	XII—XIII	феррит перлит сорбит	3—5,7	159 376	наварка стального лезвия на железную основу с последующей местной термообработкой
»	167	»	XII	феррит перлит	3,6—7	114 247	неудачно выполненная наварка на неравномерно науглероженную основу
»	168	»	XII	феррит перлит мартенсит	6—8	183 214 707	использована технология вварки с последующей термообработкой

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	169	заготовка	XII	феррит перлит	1,7—8 3	138 219	металл науглерожен неравномерно
»	170	топор	XII	феррит перлит мартенсит	2,6—8	209 633	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	171	»	XII—XIII	феррит троостит мартенсит	5	177 422 566	»
»	172	»	XIII	троостит		516	вероятно, наварка
»	173	»	XIII—XIV	феррит перлит мартенсит	3,5—7	168 623	косая наварка стальной рабочей части с закалкой
»	174	»	XII	феррит перлит сорбит	1,4—6	135 231 362	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	175	»	XII—XIII	феррит	1—3	121	сохранилась обушная часть
»	176	шпора	XI—XIII	феррит	3—6	175	в железе много нитридов
»	177	»	XII—XIII	феррит перлит	3—7	178 201	неравномерно науглероженный металл; инкрустирована бронзовыми пластинками
»	178	шпора	XII	феррит перлит	3—6	127 233	изготовлена из неравномерно науглероженного железа
»	179	»	XII—XIII	феррит	1,4—7	151	сделана из железа и инкрустирована
»	180	»	XII—XIII	феррит	2—6	159	цельножелезная
»	181	»	XII	феррит	1—3	184	»
»	182	кресало	XII—XIII	феррит перлит	3,6—8	209	псевдопакет с неравномерным расположением слоев металла
»	183	»	XII—XIII	феррит перлит	2,5—7	132	псевдопакет
»	184	удила	XIII	феррит перлит	2—5	142	использован неравномерно науглероженный металл
»	185	наконечник стрелы	XII	феррит перлит	2,6	177	»
»	186	сверло	XIII	феррит	1,4—7	186	цельножелезное
»	187	тесло	XII—XIII	феррит	1—3,6	142	лезвие из двух полос, одна из них «пакет», есть нитриды
»	188	поделка	XI	феррит перлит	4—7	159 207	железо науглерожено неравномерно, зерно деформировано
»	189	булавка	XI—XIII	феррит перлит	5—6	146	металл науглерожен неравномерно
»	190	»	»	феррит перлит	6 2	118 216	»
»	191	»	»	феррит	5	158	цельножелезная
»	192	»	»	феррит перлит	3—6	103	металл науглерожен слабо и неравномерно
»	193	»	»	феррит перлит	6—7	127	»
»	194	»	»	феррит перлит	2,6—7	175	»
»	195	булавка	»	феррит	5—7	205	цельножелезная
»	196	»	»	феррит перлит	2—4,6	126	металл слабо науглерожен, есть нитриды
»	197	тесло	XII—XIII	феррит	1—4	164	рабочая часть обломана, корпус железный
»	198	удила	XII	феррит перлит	4—7	132 216	металл науглерожен неравномерно

1	2	3	4	5	6	7	8
Масковичи	199	наконечник стрелы	XIII	феррит	3—5	193	цельножелезный
»	200	»	XI	феррит перлит	4,7	155	изготовлен из слабо науглероженного металла
»	201	»	XII	феррит	5	162	цельножелезный
»	202	»	XIII	феррит перлит	4,8	209	металл слабо и неравномерно науглерожен
»	203	»	XII—XIII	феррит	4—6	201	цельножелезный
»	204	»	XI—XII	феррит перлит	5—7	127	использована многослойная заготовка
»	205	»	XII	феррит	4—6	182	цельножелезный
»	206	ножницы	XII—XIII	феррит мартенсит	4—6	140 572	на железную основу лезвия наварена стальная рабочая часть и закалена
»	207	»	XI—XII	феррит	3—6	159	лезвие цельножелезное
»	208	»	XI—XII	феррит	2—6	165	»
»	209	нож	XIII	мартенсит		566	вероятно, наварка: образец взят не на всю ширину лезвия
»	210	»	XI	феррит перлит	5—8	185	изготовлен из многослойной заготовки
»	211	»	XII	феррит перлит	3,6—7	142 204	наварка стального лезвия выполнена не совсем удачно
»	212	»	XI	феррит перлит	4,7—8	131 212	трехполосный пакет, средняя стальная полоса низкоуглеродистая
»	213	»	XI—XII	феррит перлит	5—7	118	изготовлен из слабо и неравномерно науглероженного металла
»	214	»	XII	феррит	4,6—8	166	неудачная наварка
»	215	»	XI	феррит перлит	1—4	168	цельножелезный, перлит в одной зоне
»	216	»	XII—XIII	феррит перлит	2—4,6	136 201	на железную основу наварено стальное лезвие
»	217	»	XI	феррит	3—5	119	цельножелезный
»	218	инструмент бондаря	XII	феррит	2,6—7	149	псевдопакет, есть нитриды
»	219	серп	XI	феррит перлит	5—6	162	низкоуглеродистый псевдопакет
»	220	нож	XII—XIII	феррит сорбит	3—5	121 392	на железную основу наварено стальное лезвие и термообработано
»	221	»	XII	феррит перлит	3—7	116 236	наварка стального лезвия на железную основу
»	222	вток для копья	XIII	феррит	6—8	136	изготовлен из многослойного металла
»	223	наконечник копья	XIII	феррит	1,4—6	139	цельножелезный, использована сварка
»	224	»	XIII	феррит	2—7	152	»
»	225	»	XI—XII	феррит перлит	6—8	157 211	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
»	226	»	XI—XII	феррит перлит	6—8	109 286	перо изготовлено сваркой полос стали видманштеттовой структуры
»	227	ключ	XII—XIII	феррит перлит	5	129	изготовлен из слабо и неравномерно науглероженного железа
»	228	»	»	феррит перлит	4—6	116 199	»
Масковичи	229	ключ	XII—XIII	феррит перлит	3—5	137	»
»	230	гарпун	XI—XII	феррит перлит	8	162 201	металл обработан способом пакетирования сырья
»	231	удила	XIII	феррит перлит		164 214	изготовлены из неравномерно науглероженной стали
»	232	навершие рукояти меча	XII	феррит перлит	5—7	143 234	использован неравномерно науглероженный металл
»	233	»	XII—XIII	феррит перлит	3,6	119 216	»
»	234	булава	XII—XIII	феррит перлит	5	128 214	»
»	235	»	XII—XIII	феррит перлит	4—6	137 251	»
»	236	топор	XII	феррит перлит мартенсит	3,6	128 217 542	цементация и местная закалка лезвия
»	237	тесло	XII—XIII	феррит перлит	3—6	118 189	изготовлено из многослойной заготовки
Ратюнки	1	нож	X—XI	феррит перлит троостит мартенсит	5—7	149 205 464 568	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	»	XI	феррит перлит	2,6—8	142	использована многослойная заготовка
»	3	»	X—XI	феррит	2—5	149	цельножелезный
»	4	»	XII	феррит перлит мартенсит	4—6	183 642	на железную основу наварено стальное лезвие и закалено
»	5	»	X—XI	феррит перлит троостит	5—8	117 212 421	цементация лезвия с последующей местной термообработкой
»	6	»	X	феррит перлит сорбит	5,7	179 212 396	многослойное лезвие термообработано
»	7	»	X—XI	феррит перлит	1,7—8	181 222	использована псевдопакетная заготовка
»	8	»	X	феррит	1,6	182	цельножелезный
»	9	наконечник копья	X—XI	феррит перлит	6—8 5	177 206	изготовлен из стали
»	10	крючок рыболовный	X—XI	феррит	5—7	140	цельножелезный
»	11	»	XI	феррит перлит	6	116	железо науглерожено слабо и неравномерно
»	12	»	X—XI	феррит перлит		142 193	изготовлен из стали
»	13	»	XI	феррит	4—7	123	цельножелезный
»	14	»	X—XI	феррит	4—6	159	»
»	15	шило	XI	феррит перлит	5—7	181	металл науглерожен неравномерно
»	16	»	X—XI	феррит перлит	4—6	169 237	»
Прудники	1	ножницы	XIII	феррит перлит	3—5	127 224	изготовлены из неравномерно науглероженного металла
»	2	наконечник стрелы	X	феррит перлит	6	144 199	»

1	2	3	4	5	6	7	8
Прудники	3	коса	XI—XIII	феррит перлит	1—4	117 206	»
»	4	наконечник копья	IX	феррит	6—8	152	изготовлен из железа способом пакетирования
»	5	шило	X—XII	феррит перлит	6	117 228	стальное с неравномерным распределением углерода
»	6	топор	XIII	феррит перлит	4,8	124	в рабочей части лезвия обнаружена трехполосная схема
»	7	замок	XII—XIII	феррит	4—7	119	дужка изготовлена из железа
»	8	пробой	XIII	феррит перлит	4—6	125 227	изготовлен из неравномерно науглероженного металла
Лужесно	1	нож	VII—IX	феррит	3,7	132	изготовлен из псевдопакетной заготовки
»	2	»	»	феррит перлит	4—6	128	»
»	3	серп	»	феррит перлит	3—5	142 216	односторонняя цементация лезвия (?)
Поставы	1	топор	IX—X	феррит	4—6	129	изготовлен из железа
»	2	нож	XII	феррит перлит мартенсит	3—5	152 187 689	торцовая наварка стального лезвия на железную основу и закалка
Гливин	1	топор	IX	феррит перлит	3,6	133	лезвие изготовлено из многослойного металла, перлита мало
»	2	крючок рыболовный	X	феррит	5—7	128	цельножелезный
Лесная	1	нож	X	феррит перлит мартенсит	3,6	175 213 603	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	»	X	феррит перлит троостит	4—6	229 466	»
»	3	кресало	X	феррит перлит	5	146	изготовлено из железа и использованием сварки
»	4	серп	X	феррит перлит	3,6	177	изготовлен из неравномерно науглероженного железа
»	5	поделка	X	мартенсит		874	изготовлена из стали и закалена
Глинище	1	серп	X	феррит перлит	6	104 206	цельностальной
»	2	нож	X	феррит перлит	2,6—7	174 264	трехполосный пакет, в железных полосах есть выделения нитридов
Плусы	1	нож	XI	феррит перлит троостит мартенсит	1,4—7	142 268 572 724	трехполосный пакет, средняя полоса термообработана, боковые пластины многослойные
»	2	»	XI	феррит перлит сорбит	5—7	198 243 383	трехполосный пакет, средняя полоса термообработана
»	3	»	XI	феррит перлит	4—6	177 211	металл науглерожен неравномерно
Слободка	1	нож	XI	феррит перлит троостит мартенсит	1,4—8	167 212 549 693	трехполосный пакет, средняя стальная полоса термообработана
»	2	серп	XI	мартенсит		582	цельностальной, закаленный

1	2	3	4	5	6	7	8
[illegible]	1	серп	X	феррит перлит	4—6	162	изготовлен из неравномерно науглероженного железа
[illegible]	1	нож	X	феррит перлит мартенсит	3,5	135 270 473	изготовлен из неравномерно науглероженного металла и закален
[illegible]	1	нож	XI	феррит перлит троостит	2—4,7	152 281 464	трехполосный пакет, средняя полоса термообработана, боковые — многослойные

Библиографические ссылки

Введение

1 Довнар-Запольский М. В. Очерк истории кривичской и дреговичской земель до конца XII столетия. Киев, 1891; Данилевич В. Е. Очерк истории Полоцкой земли до конца XIV столетия. Киев, 1896.

2 Ляўданскі А. Н. Археалагічныя доследы ў Аршанскай акрузе; Археалагічныя доследы ў Віцебскай акрузе; Археалагічныя доследы ў Полацкай акрузе; Археалагічныя доследы ў Барысаве // Запіскі аддзелу гуманітарных навук Беларускай Акадэміі навук. Працы археалагічнай камісіі. Мінск, 1930. Т. 2; Тарасенко В. Р. Древний Минск // Материалы по археологии Белоруссии. Минск, 1959; Алексеев Л. В. К истории и топографии древнейшего Витебска // СА. 1964. № 1. С. 108; Загарульскі Э. М. Археалагічнае вывучэнне дзяцінца старажытнага Мінска // Весці АН БССР. Сер. грам. навук. 1960. № 4. С. 55; Штыхаў Г. В. Вывучэнне курганаў Полацкай зямлі (X—пачатка XII ст.) // Беларускія старажытнасці. Мінск, 1972. С. 227.

3 Алексеев Л. В. Полоцкая земля: Очерки истории Северной Белоруссии в IX—XIII вв. М., 1966.

4 Штыхов Г. В. Древний Полоцк IX—XIII вв. Минск, 1975; Он же. Города Полоцкой земли (IX—XIII вв.). Минск, 1978.

5 Загорульский Э. М. Древний Минск. Минск, 1963. Он же. Возникновение Минска. Минск, 1982.

6 Штыхаў Г. В., Лебедзеў Г. П. Старажытны горад на Віцьбе // Весці АН БССР. Сер. грамад. навук. 1974. № 4. С. 42—48; Штыхов Г. В., Лысенко П. Ф. Древнейшие города Белоруссии. Минск, 1966; Левко О. Н. Витебск XIV—XVIII вв. Минск, 1984.

7 Штыхов Г. В. Ремесло древнего Полоцка // Материалы конференции молодых ученых АН БССР. Минск, 1962. С. 132.

8 Загорульский Э. М. Древний Минск. С. 53—54.

9 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси // МИА. М., 1953. № 32. С. 238, 248.

10 Наумов Д. В. Химическое и структурное исследование некоторых предметов из Полоцка XII—XIII веков // Белорусские древности. Минск, 1967. С. 298—306.

11 Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого: (Продукция, технология) // МИА. М., 1959. № 65. Т. 2. С. 7—120.

12 Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Riga, 1976.

13 Stankus J. Geležinių įrankių gamybos technologija Lietuvoje IX—VIII amžiais // LTSR MADA. 1970. T. 1 (32). P. 113—133; Он же. Kalavijų ir ietigalių gamybos technologija Lietuvoje IX—XIII amžiais // LTSR MADA. 1970. T. 2 (33). P. 113—130.

14 Вознесенская Г. А. Стальные ножи древнего Любеча // КСИА. М., 1965. Вып. 104. С. 145—149; Новое в археологии Киева. Киев, 1981. С. 273—284.

15 Хомутова Л. С. Техника кузнечного ремесла в древнерусском городе Серенске (вторая половина XII—XIV в.) // СА. 1973. № 2. С. 216—224; Юшко А. А., Хомутова Л. С. Ножи из раскопок Звенигорода Московского // КСИА. М., 1981. Вып. 164. С. 116—119.

16 Гопак В. Д. Технологія обробки заліза уличами в X—XI ст. // Археологія. Київ, 1973. № 9. С. 99—100; Он же. Техника кузнечного ремесла у восточных славян во второй половине I тысячелетия н. э. (Днепровско-Днестровское междуречье) // СА. 1976. № 2. С. 46—56.

17 Русев Р. Върху технологията на някои железни предмети от XII—XIII в. // Археология. София, 1961. Година 3. Кн. 2. С. 8—14.

Mazur A., Nosek E. Wczesnośredniowieczne noże dziwerowane z Wrocławia // KHKM. 1972. R. XVII. Nr. 2. S. 291—304; Piaskowski J. Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych z Krakowa—Dębnik // Spraw. Arch. 1980. T. 32. S. 247—270; Он же. Metaloznawcze badania dawnych przedmiotów żelaznych z terenu Polski południowej // Studia z dziejów górnictwa i hutnictwa. Wrocław—Warszawa—Kraków, 1970. T. 14. S. 102—111.

Pleiner R. Die Technologie des Schmiedes in der Grossmährischen Kultur // SA. 1967. T. 15. C. 1. S. 77—188; Он же. Středověké sidliště s kovárnami v Mutějovic // PA. 1969. R. LX. C. 2. S. 533—569; Он же. K vývoji slovanské nožířské techniky v Čechách // AR. 1979. R. XXXI. C. 3. S. 245—256.

Mazur A., Nosek E. Wczesnośredniowieczne noże dziwerowane z Wrocławia. S. 302—303; Pleiner R. Středověké sidliště s kovárnami v Mutějovic. S. 561—563.

Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 79;

Глава I

1 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие: Мечи и сабли // САИ. Е1-36. М.; Л., 1966. Вып. 1. С. 31, 74.

2 Загорульский Э. М. Древний Минск. С. 100—104.

3 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие: Копья, сулицы, боевые топоры, булавы, кистени IX—XIII вв. // САИ. Е1-36. М., 1966. Вып. 2. С. 68—98.

4 Штыхов Г. В. Археологические раскопки в Орше и Логойске // Доклады к XI конференции молодых ученых Белорусской ССР. Минск, 1967. С. 88; Он же. Раскопки в Лукомле в 1966—1968 годах // Древности Белоруссии. Минск, 1969. С. 316; Он же. Раскопки в Северной Белоруссии // АО 1971 г. М., 1972. С. 402; Он же. Раскопки в Витебске и его окрестностях // АО 1972 г. М., 1973. С. 371; Он же. Раскопки близ Минска // АО 1983 г. М., 1985. С. 415.

5 Дучиц Л. В. Раскопки на Белорусско-Латвийском порубежье // АО 1976 г. М., 1977. С. 403—404; Она же. Исследования в Браславском и Миорском районах // АО 1977 г. М., 1978. С. 412—413; Она же. Изучение средневековых памятников Витебской области // АО 1979 г. М., 1980. С. 359—360; Она же. Раскопки на северо-западе Витебской области // АО 1980 г. М., 1982. С. 333—334.

6 Левко О. Н., Кулагин А. Н., Бубенько Т. С. Исследования Витебского отряда // АО 1976 г. М., 1977. С. 409—410; Бубенько Т. С. Раскопки окольного города Витебска // АО 1981 г. М., 1983. С. 341—342.

7 Соболь В. Е. Работы в Минске // АО 1982 г. М., 1984. С. 370—371.

8 Минасян Р. С. Четыре группы ножей Восточной Европы эпохи раннего средневековья (К вопросу о появлении славянских форм в лесной зоне) // Археологический сборник. Л., 1980. № 21. С. 73—74.

9 Klápště J. Studie k středověké studně z Mostu // PA. 1983. R. LXXIV. C. 2. S. 460 (obr. 7, 1).

10 Pleiner R. Metalografický výzkum železného srpu a sekery z Mostecké studně // PA. 1983. R. LXXIV. C. 2. S. 498—502.

11 Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 42—43 (рис. 25, 1; 35).

12 Piaskowski J. Prosta metoda ustalania technologii i datowania wyrobów metalowych // ZOW. 1958. R. XXIV. Z. 4. S. 283.

13 Kocich J., Leukaničová M. Použitie elektrolytickej pipety Elygres v metalografii archeologických nálezov // Historica Carpathica. Košice, 1981. T. XI. S. 289—295.

14 Недопако Д. П. Некоторые вопросы методики исследования металла из археологических раскопок // Использование методов естественных наук в археологии. Киев, 1978. С. 15.

15 Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. М., 1970. С. 61.

16 Коваленко В. С. Металлографические реактивы: Справочник. 3-е изд. М., 1981. № 1, 5, 8. С. 5, 9, 12.

17 Беккерт М., Клемм Х. Справочник по металлографическому травлению. Пер. с нем. М., 1979. С. 54.

18 Колчин Б. А., Монгайт А. Л. Применение естественных методов в археологии // ВИ. 1960. № 3. С. 81.

19 Колчин Б. А. Новые методы в археологии. К итогам всесоюзного совещания по применению в археологии методов естественных и технических наук // СА. 1963. № 4. С. 260.

20 Кустанович И. М. Спектральный анализ. М., 1972. С. 254.

21 Криштал М. А. Механизм диффузии в железных сплавах. М., 1972. С. 219.

22 Батырев В. А. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ. М., 1982. С. 52.

[23] Piaskowski J. Technologia wyrobu krysów malajskich // KHNT. 1975. R. XX. Nr. 3—4. S. 515—531.
[24] Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego // AP. 1972. T. 17. Z. 1. S. 8; Он же. Kryteria metaloznawcze w analizie porównawczej przedmiotów żelaznych // AP. 1966. T. 11. Z. 2. S. 291.
[25] Piaskowski J. Metody metaloznawcze w badaniach zabytków archeologicznych // Spraw. Arch. 1957. T. 3. S. 286.
[26] Piaskowski J. Cechy materiałowo-technologiczne wyrobów żelaznych jako kryteria kulturowo-chronologiczne // WA. 1969. T. 34. Z. 3—4. S. 332—354.
[27] Mazur A., Mazur Z. Badania znalezisk żelaznych przy użyciu nowoczesnej techniki mikroskopii: elektronowej transmisyjnej i optycznej // AP. 1976. T. 21. Z. 1. S. 35.
[28] Sękowski K. Skład chemiczny wtrąceń żużla w dawnych wyrobach z żelaza dymarskiego // Studia i materiały z dziejów nauki Polskiej. Seria D. Warszawa, 1978. Z. 9. S. 147.
[29] Piaskowski J. Klasyfikacja dawnego żużla dymarskiego, występującego na ziemiach Polski w świetle statystycznej analizy składu chemicznego // KHKM. 1966. R. XIV. Nr. 2. S. 355.
[30] Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси. М., 1948. С. 131.
[31] Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 43—44.
[32] Там же. С. 45.
[33] Колчин Б. А. Обработка железа в Московском государстве в XVI в. // МИА. М.; Л., 1949. № 12. С. 192.
[34] Никитин А. В. Русское кузнечное ремесло XVI—XVII вв. М., 1971. С. 20; Сербина К. Н. Крестьянская железоделательная промышленность Центральной России XVI — первой половины XIX в. Л., 1978. С. 169.
[35] Успенская А. В. Металлургическое производство по материалам древнерусских селищ // Очерки по истории древнерусской деревни X—XIII вв. М., 1959. С. 121.
[36] Алексеев Л. В. Раскопки в Друцке // АО 1965 г. М., 1966. С. 168.
[37] Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 103.
[38] Барцева Т. Б., Вознесенская Г. А., Черных Е. Н. Металл черняховской культуры // МИА. М., 1972. № 187. С. 25.
[39] Таранович В. П. Экспедиция академика И. И. Лепехина в Белоруссию и Лифляндию в 1773 г. // АИНТ. М.; Л., 1935. Сер. 1. Вып. 5. С. 556.
[40] Блиодухо Н. Ф. Сборник трудов по геологии и полезным ископаемым БССР. М., 1952. С. 142.
[41] Рапановіч Я. Н. Слоўнік назваў населеных пунктаў Віцебскай вобласці. Мінск, 1977. С. 332—333.
[42] Баркоўскі С., Скардзіс В. Аб жалезнай прамысловасці на Беларусі // Савецкая краіна. Мінск, 1931. № 12. С. 66.
[43] Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 12—13.
[44] Stankus J. Juodoji metalurgija // Lietuvių materialinė kultūra IX—XIII amžiuje. Vilnius, 1978. T. 1. P. 81. Pav. 3.
[45] Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 42.
[46] Bialeková D. Dávne slovanské kováčstvo. Bratislava, 1981. S. 100 (foto 1).
[47] Скороход В. В., Солонин С. М. Физико-металлургические основы спекания порошков. М., 1984. С. 33; Гегузин Я. Е. Физика спекания. 2-е изд. М., 1984. С. 9—10.
[48] Князев В. Ф., Гиммельфарб А. И., Неменов А. М. Бескоксовая металлургия железа. М., 1972. С. 144.
[49] Савельев Г. П. Производство крицы. М., 1963. С. 39.
[50] Еременко В. Н., Найдич Ю. В., Лавриненко И. А. Спекание в присутствии жидкой фазы. Киев, 1968. С. 19.
[51] Байков А. А. Физико-химические основы способов прямого восстановления железа из руд // Собрание трудов. М.; Л., 1948. Т. 2. С. 356.
[52] Мезенин Н. А. Основные этапы и тенденции развития металлургии железа. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Нижний Тагил, 1969. С. 6, 16.
[53] Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 51.
[54] Фуллон А. О выделке железа в сыродутных печах. СПб., 1819. С. 8.
[55] Piaskowski J. Dul w dawnej polskiej literaturze hutniczej i jego interpretecja // KHKM. 1965. R. XIII. Nr. 1. S. 62.
[56] Успенская А. В. Металлургическое производство по материалам древнерусских селищ. С. 119.
[57] Piaskowski J. Рец.: Т. Б. Барцева, Г. А. Вознесенская, Е. Н. Черных. Металл черняховской культуры. МИА. М., 1972. № 187 // AAC. 1974. T. 14. S. 161.

[58] Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 48.
[59] Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego. S. 22.
[60] Коррозия: Справочник: Сокр. пер. с англ. М., 1981. С. 8.
[61] Бгажба О. Х. Черная металлургия и металлообработка в древней и средневековой Абхазии. Тбилиси, 1983. С. 16—17; Россадович А. И., Щеткина Н. А., Дамаскина Т. П. Исследование металлических изделий из раскопок на Среднем Урале // СА. 1968. № 4. С. 266; Пясковский Е. Металловедческие исследования древних железных предметов, найденных на польских землях // Вопросы истории естествознания и техники. М., 1972. Вып. 2 (39). С. 68.
[62] Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 103.
[63] Алексеев Л. В. Раскопки в Друцке. С. 168.
[64] Загорульский Э. М. Возникновение Минска. С. 259.
[65] Штыхаў Г. В. Ажываюць сівыя стагоддзі. Мінск, 1982. С. 132.
[66] Древняя Русь: Город. Замок. Село // Археология СССР. М., 1985. С. 248; Гончаров В. К. Райковецкое городище. Киев, 1950. С. 85.
[67] Загорульский Э. М. Возникновение Минска. С. 260.
[68] Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси. С. 136.
[69] Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 20.
[70] Витлянов С. Ковашки инструменти и съоръжения през средневековието в България // Археология. София, 1981. Година XXIII. Кн. 3. С. 54—55.

Глава II

[1] Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого; Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 1—3; Краснов Ю. А. Из истории железных серпов в лесной полосе европейской части СССР // КСИА. 1966. Вып. 107; Медведев А. Ф. Оружие Новгорода Великого // МИА. М., 1959. № 65; Чернецов А. В. Классификация и хронология наконечников древнерусских пахотных орудий // КСИА. 1976. Вып. 146; Леонтьев А. Е. Классификация ножей Сарского городища // СА. 1976. № 2; Głosek M., Nadolski A. Miecze średniowieczne z ziem polskich // AAL. Łódź, 1970. Nr 19; Ruttkay A. Waffen und Reiterausrüstung des 9. bis zur ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts in der Slowakei // SA. 1976. R. XXIV. C. 2. S. 245—395; и др.
[2] Очерки по археологии Белоруссии. Минск, 1972. Ч. 2. С. 151; Дучиц Л. В. Раскопки на городище Масковичи // АО 1983 г. М., 1985. С. 386—387. Заяц Ю. А. Раскопки посада Изяславля // АО 1982 г. М., 1984. С. 356; Колединский Л. В. Работы Витебского отряда // АО 1982 г. М., 1984. С. 360; Шадыро В. И. Раскопки городища Прудники // АО 1983 г. М., 1985. С. 414.
[3] Mandel M. Võitlusnuga muinaseestlaste relvastuses // Eesti NSV Teaduste Akadeemia toimetised. Tallinn, 1977. Nr. 3. Lk. 253.
[4] Загорульский Э. М. Древний Минск. С. 53.
[5] Вознесенская Г. А., Хомутова Л. С. Металлографическое изучение кузнечных изделий древнего Волковыска // Беларускія старажытнасці. Мінск, 1972. С. 178.
[6] Колчин Б. А. Ремесло // Очерки русской культуры XIII—XV веков. Материальная культура. М., 1969. Ч. 1. С. 171.
[7] Металлография железа: Пер. с англ. М., 1972. Т. 1. С. 116.
[8] Дучыц Л. У. Маскавіцкае гарадзішча (XI—XIII стст.) // Весці АН БССР. 1980. № 4. С. 84.
[9] Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 49 (рис. 18, 10). С. 52 (рис. 20, 2).
[10] Гурин М. Ф. Древнее железо Белорусского Поднепровья (I тысячелетие н. э.). Минск, 1982. С. 76.
[11] Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 95.
[12] Археалогія, нумізматыка і геральдыка Беларусі. Мінск, 1979. С. 111.
[13] Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego. S. 35—36.
[14] Аристов Н. Промышленность древней Руси. СПб., 1866. С. 117.
[15] Казакявичюс В. Боевые топоры на территории Литвы и Белоруссии // Древности Белоруссии и Литвы. Минск, 1982. С. 74 (рис. 2).
[16] Piaskowski J. Klasyfikacja struktury wtrąceń żużla i jej zastosowanie dla określania pochodzenia dawnych przedmiotów żelaznych // KHKM. 1969. R. XVII. Nr. 1. S. 65.
[17] Гурин М. Ф. Древнее железо Белорусского Поднепровья. С. 80.

18 Камнев П. В. Ручная и мелкая свободная ковка. Л., 1947. С. 117.
19 Коробушкина Т. Н. Земледелие на территории Белоруссии в X—XIII вв. Минск, 1979. С. 12—56.
20 Piaskowski J. Metaloznawcze badania dwóch wczesnośredniowiecznych radlic żelaznych z Czeladzi Wielkiej, pow. Góra // Sil. Ant. 1970. T. 12. S. 191—194.
21 Hensel Z. Metaloznawcze badania przedmiotów żelaznych z miejscowości Tluste, woj. Warszawa, stan. 1 // Spraw. Arch. 1979. T. 31. S. 139.
22 Pleiner R. Die Technologie des Schmiedes in der Grossmährischen Kultur. S. 142—180; Kocich J., Leukaničová M. Metalografický rozbor kosákov z Nižnej Myšle // SA. 1980. R. XXVIII. C. 2. S. 396—398.
23 Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 29, 30. Att. 36, 38.
24 Колчин Б. А., Хорошев А. С., Янин В. Л. Усадьба новгородского художника XII в. М., 1981. С. 133 (рис. 66, 1).
25 Лысенко П. Ф. Берестье. Минск, 1985. С. 231; Зверуго Я. Г. Древний Волковыск. Минск, 1975. С. 32.
26 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 1—3.
27 Антейн А. К. Наконечники копий из сварочной узорчатой (дамасской) стали в древней Прибалтике // СА. 1963. № 4. С. 167.
28 Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 132 (рис. 56).
29 Антейн А. К. Наконечники копий из дамасской стали // СА. 1959. № 1. С. 278.
30 Медведев А. Ф. Ручное метательное оружие VIII—XIV вв. М., 1966. С. 84.
31 Штыхов Г. В. Города Полоцкой земли. С. 106 (рис. 45).
32 Гурын М. Ф. Жалезныя вырабы XIV—XVII стст. з Віцебска // Весці АН БССР. Сер. грамад. навук. 1981. № 5. С. 102.
33 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 1. С. 153.
34 Ruttkay A. Waffen und Reiterausrüstung des 9. bis zur ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts in der Slowakei // SA. 1975. R. XXIII. C. 1. S. 161. Abb. 10, 1—4.
35 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 2. С. 48, 55—56.
36 Зоценко В. М. Експорт зброї Києва в Південно-Східну Прибалтику // Археологія. Київ, 1983. № 44. С. 59.
37 Кирпичников А. Н. Снаряжение всадника и верхового коня на Руси IX—XIII вв. М., 1973. С. 104.
38 Mazur A., Nosek E. Porównanie technologii wykonania wędzideł z Chełmca, pow. Nowy Sącz, Mymonia, pow. Sanok i Nowej Huty—Pleszowa // MA. 1967. T. 8. S. 217; Nosek E. Badania metaloznawcze wędzidła z Chełmca, pow. Nowy Sącz // WA. 1966. T. 32. Z. 1—2. S. 12—14.
39 Kaźmierczyk J. Podkowy na Śląsku w X—XIV wieku // Prace komisji nauk humanistycznych. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk, 1978. Nr. 9. S. 7, 61.
40 Baxa P. Podkúvanie na Slovensku v 11.—13. storočí // SA. 1981. R. XXIX. C. 2. S. 442.
41 Кирпичников А. Н. Снаряжение всадника и верхового коня на Руси IX—XIII вв. С. 80 (рис. 47).

Глава III

1 Митрофанов А. Г. Железный век средней Белоруссии. Минск, 1978. С. 152—153.
2 Ляўданскі А. Н., Палікарповіч К. М. Да гісторыі жалезнай прамысловасці на Беларусі па даных археалогіі // Савецкая краіна. Мінск, 1932. № 5 (19). С. 55.
3 Шадыро В. И. Ранний железный век северной Белоруссии. Минск, 1985. С. 102.
4 Ефимова А. М. Черная металлургия города Болгара // МИА. М., 1958. Т. 2, № 61. С. 306.
5 Jażdżewski K. Pradzieje Europy środkowej. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk, 1981. S. 614.
6 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 42.
7 Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 188—189; Станкус И. Исследование производства железа и кузнечного дела в Литве // Новое в археологии Прибалтики и соседних территорий. Таллин, 1985. С. 133; Артилаква В. Е. Железообрабатывающее ремесло древней Грузии. Тбилиси, 1976. С. 181 (табл. 10); Bialeková D. Dávne slovanské kováčstvo. S. 100.
8 Van der Merwe N. J., Avery D. H. Pathways to Steel. Three different methods of making steel from iron were developed by ancient peoples of the Mediterranean, China and Africa // American Scientist. 1982. Vol. 70. Nr. 2. P. 146. Fig. 4.
9 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 42.
10 Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego. S. 22.

11 Барановский М. А. Основы кузнечного дела. Минск, 1954. С. 54.
12 Камнев П. В. Ручная и мелкая свободная ковка. С. 56.
13 Металлография железа. Т. 2. С. 11.
14 Виноград М. И., Громова Г. П. Включения в легированных сталях и сплавах. М., 1972. С. 49.
15 Червяков А. Н., Киселев С. А., Рыльникова А. Г. Металлографическое определение включений в стали. М., 1962. С. 225.
16 Кислинг Р., Ланге Н. Неметаллические включения в стали. Пер. с англ. М., 1968. С. 84.
17 Sykowski K. Skład chemiczny wtrąceń żużla w dawnych wyrobach z żelaza dymarskiego. S. 146.
18 Металлография железа. Т. 1. С. 59.
19 Камнев П. В. Ручная и мелкая свободная ковка. С. 59.
20 Piaskowski J. Technika zgrzewania żelaza i stali w dawnych wiekach // Przegląd spawalnictwa. Warszawa, 1957. Nr 11—12. S. 286.
21 Гурин М. Ф. Исследование трехполосных ножей Полоцкой земли // SA. Bratislava, 1984. R. XXXII. C. 2. S. 323.
22 Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego. S. 24—34.
23 Кадиков С. А., Купченко Г. В., Зверуго Я. Г. Железные изделия древнего Волковыска. Тез. докл. к конф. по археологии Белоруссии. Минск, 1969. С. 180.
24 Колчин Б. А. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 119.
25 Вознесенская Г. А. Стальные ножи древнего Любеча. С. 147; Гопак В. Д. Кузнечное ремесло славян Днепровско-Днестровского лесостепного междуречья в VI—XIII вв. н. э.: Автореф. дис. ... канд. ист. наук. Киев, 1976. С. 14; Толмачева М. М. Технология кузнечного ремесла Старой Рязани // СА. 1983. № 1. С. 257; Хомутова Л. С. Кузнечная техника на земле древней веси в X в.: (По материалам поселения у дер. Городище) // СА. 1984. № 1. С. 200; Завьялов В. И. Ножи городища Идна-Кар // Материалы средневековых памятников Удмуртии. Устинов, 1985. С. 36; Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 44—67; Stankus J. Geležinių įrankių gamybos technologija Lietuvoje IX—XIII amžiais. P. 118, 126, 131; Pleiner R. Die Technologie des Schmiedes in der Grossmährischen Kultur. S. 84; Piaskowski J. Metaloznawcze badania dawnych przedmiotów żelaznych z terenu Polski południowej. S. 111.
26 Бгажба О. Х. Технология изготовления цебельдинских ножей (III—VII вв. н. э.) // Материалы по археологии Абхазии. Тбилиси, 1979. С. 47.
27 Русев Р. Върху технологията на някои железни предмети от XII—XIII в. // Археология. София, 1961. Година III. Кн. 2. С. 11—14.
28 Pleiner R. Zur Technik von Messerklingen aus Haithabu // Berichte über die Ausgrabungen in Haithabu. Neumünster, 1983. Nr. 18. S. [illegible]
29 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 81; Он же. Железообрабатывающее ремесло Новгорода Великого. С. 119; Он же. Хронология новгородских древностей // Новгородский сборник. М., 1982. С. 161.
30 Хомутова Л. С. Техника кузнечного ремесла в древнерусском городе Гереске. С. 219.
31 Вознесенская Г. А. Стальные ножи древнего Любеча. С. 149.
32 Пясковский Е. Металловедческие исследования древних железных предметов, найденных на польских землях. С. 70.
33 Станкус И. История технологии производства железных изделий на территории Литвы во II—XIII вв.: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. Вильнюс, 1971. С. 30; Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 188.
34 Хоанг ван Кхоан. Технология изготовления железных и стальных орудий труда Южной Сибири (VII в. до н. э. — XII в. н. э.) // СА. 1974. № 4. С. 121.
35 Леньков В. Д. Производство и обработка металлов у чжурчжэней в XII веке (По материалам исследований Шайгинского городища): Автореф. дис. ... канд. ист. наук. Владивосток, 1971. С. 19.
36 Антейн А. К. Дамасская сталь в странах бассейна Балтийского моря. Рига, 1973. С. 8.
37 Антейн А. К. Наконечники копий из сварочной узорчатой (дамасской) стали в древней Прибалтике. С. 167.
38 Piaskowski J. Rec.: A. K. Anteins. Damasskaja stal w stranach bassejna Baltijskogo moria. Riga, 1973 // KHNT. Warszawa, 1974. R. XIX. Nr. 1. S. 154—155.
39 Piaskowski J. O stali damasceńskiej. Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk, 1974. S. 65.

40 Колчин Б. А. Оружейное дело древней Руси (техника производства) // Проблемы советской археологии. М., 1978. С. 192.
41 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 79 (рис. 40).
42 Pleiner R. K vývoji slovanské nožířské techniky v Cechách. S. 250.
43 Pleiner R. Středověké sídliště s kovárnami u Mutějovic. S. 561—563.
44 Mazur A., Nosek E. Wczesnośredniowieczne noże dziwerowane z Wrocławia. S. 303.
45 Петрунин Ю. Е., Маркова И. Ю., Екатова А. С. Металловедение пайки. М., 1976. С. 32, 78.
46 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 180.
47 Артилаква В. Е. Железообрабатывающее ремесло древней Грузии. С. 131.
48 Новое в археологии Киева. С. 274; Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 171.
49 Зиняков Н. М. Металлообработка на Гурьевском поселении // Археология Южной Сибири. Кемерово, 1979. С. 150.
50 Беккерт М. Мир металла: Пер. с нем. М., 1980. С. 19.
51 Pleiner R. Zur Schmiedetechnik des grossmährischen Reiches // AAC. 1971. T. XXII. Fasc. 1—2. S. 107—125; Piaskowski J. Über die Kennzeichen der Zementation und des Schweissens an den frühmittelalterlichen eisernen Gegenständen // AAC. 1971. T. XXII. Fasc. 1—2. S. 127—159.
52 Piaskowski J. Kryteria określania technologii wyrobów z żelaza dymarskiego. S. 36—37.
53 Гопак В. Д. Кузнечное ремесло славян Днепровско-Днестровского лесостепного междуречья в VI—XIII вв. н. э. С. 9.
54 Вознесенская Г. А. Техника кузнечного производства у восточных славян в VIII—X вв. // СА. 1979. № 2. С. 72—73.
55 Piaskowski J. Metaloznawcze badania wczesnośredniowiecznych przedmiotów żelaznych i próbek żużla z Górnego Sląska // Spraw. Arch. 1972. T. 24. S. 451.
56 Колчин Б. А., Панченко Е. В. Термическая обработка стали в древней Руси (X—XII вв.) // Вестник машиностроения. М., 1951. № 6. С. 78.
57 Металлография железа. Т. 1. С. 79.
58 Гопак В. Д. Технологія обробки заліза уличами в X—XI ст. С. 100.
59 Piaskowski J. Obróbka cieplna żelaza i stali w dawnych wiekach // Przegląd mechaniczny. Warszawa, 1958. R. XVII. Nr. 8—9. S. 429.
60 Беккерт М. Мир металла. С. 93.
61 Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 1. С. 31.
62 Anteins A. Melnais metals Latvija. Lpp. 189.
63 Загорульский Э. М. Возникновение Минска. С. 215; Кирпичников А. Н. Древнерусское оружие. Вып. 2. С. 94.
64 Антейн А. К. Дамаскированная сталь в средневековой Прибалтике // Методы естественных и технических наук в археологии. М., 1963. С. 38—39.
65 Металлография железа. Т. 2. С. 8.
66 Pleiner R. Die Herstellungstechnologie der germanischen Eisenwerkzeuge und Waffen aus den Brandgräberfelder der Südwestslowakei // SA. 1982. R. XXX. C. 1. S. 79—121.
67 Piaskowski J. Charakterystyka technologiczna wyrobów żeleznych kultury grobów kloszowych // Sprawozdania z posiedzeń komisji naukowych. Warszawa—Kraków, 1973. T. 16. S. 13.
68 Mazur A., Mazur Z. Badania znalezisk żelaznych przy użyciu nowoczesnej techniki mikroskopii: elektronowej transmisyjnej i optycznej. S. 32—33.
69 Хорошев А. С. Открытие Новгорода (к 50-летию археологического изучения города) // ВМУ. Сер. 8. История. 1982. № 5. С. 25.
70 Древняя Русь: Город. Замок. Село. С. 244.
71 Станкус И. История технологии производства железных изделий на территории Литвы во II—XIII вв. С. 29.
72 Piaskowski J. Zagadnienie praojczyzny słowian w świetle metaloznawczych badań dawnych przedmiotów żelaznych // AAC. 1963. T. 5. Fasc. 1—2. S. 231.
73 Pleiner R. Rediscovering the Techniques of Early European Blacksmiths // Archaeology. New York, 1963. Vol. 16 Nr. 4. P. 236.
74 Загорульский Э. М. Археология Белоруссии. Минск, 1965. С. 164.
75 Успенская А. В. Металлургическое производство по материалам древнерусских селищ. С. 121.
76 Полесских М. Р. О культуре и некоторых ремеслах обулгаризованных буртас // Из истории ранних булгар. Казань, 1981. С. 65.
77 Аристов Н. Промышленность древней Руси. С. 116.
78 Латвийский Г. Хроника Ливонии. М., Л., 1938. С. 124.

79 Русско-ливонские акты. СПб., 1868. С. 13.
80 Штыхов Г. В. Древний Полоцк IX—XIII вв. С. 108.
81 Гурин М. Ф. Исследование трехполосных ножей Полоцкой земли. С. 315.
82 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 46.
83 Piaskowski J. Hipotetyczne wyprowadzenie cech żelaza wytapianego w starożytnym ośrodku mazowieckim i ocena tego ośrodka // KHKM. 1981. R. XXIX. Nr. 4. S. 449.
84 Osiński J. Opisanie polskich żelaza fabryk. Warszawa, 1782. S. 71.
85 Сванидзе А. А. Средневековый город и рынок в Швеции XIII—XV вв. М., 1980. С. 58—59.
86 Anteins A. Melnais metāls Latvijā. Lpp. 69, 191.
87 Anteins A. Senas Latvijas damascēta tērauda šķēpu gali // AUE. Rīga, 1962. T. 4. Lpp. 46.
88 Антейн А. К. Наконечники копий из сварочной узорчатой (дамасской) стали в древней Прибалтике. С. 176.
89 Муравская Е. Торговые связи Риги с Полоцком, Витебском и Смоленском в XIII—XIV вв. // Известия АН Латвийской ССР. Рига, 1961. № 2 (163). С. 31—42.
90 Колчин Б. А. Черная металлургия и металлообработка в древней Руси. С. 47.
91 Stránský P. Pozoruhodný kovářský výrobek ze zaniklé středověké osady Mstěnice u Hrotovic // Vlastivědný věstník Moravský. Brno, 1980. R. XXXII. Nr. 2. S. 202.
92 Piaskowski J. W sprawie żelaza «meteorytowego» i możliwości jego wytapiania przez czlowieka // KHKM. 1980. R. XXVIII. Nr. 1. S. 12.
93 Pleiner R. Die Technologie des Schmiedes in der Grossmährischen Kultur. S. 104—106, 140.
94 Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси. С. 475.
95 Алексеев Л. В. Полоцкая земля. С. 107.
96 Новое в археологии Киева. С. 284.
97 Гурын М. Ф. Жалезныя вырабы XIV—XVII стст. з Віцебска // Весці АН БССР. Сер. грамад. навук. 1981. № 5. С. 97—104.
98 Stankus J. Rumšiškių kapinyno XIV—XVI a. geležies dirbinių metalografine analize // LTSR MADA. 1974. T. 2 (47). P. 70.
99 Энгельс Ф. Дополнения к третьему тому «Капитала» // Маркс [illegible], Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 25. Ч. 2. С. 473.
100 Хроповский Б. К проблеме возникновения и развития специализированных ремесел в Великой Моравии // Великая Моравия, ее историческое и культурное значение. М., 1985. С. 132.
101 Древняя Русь: Город. Замок. Село. С. 244.
102 Гуревич Ф. Д. Древний Новогрудок (посад — окольный город). Л., 1981. С. 140.
103 Рыбаков Б. А. Киевская Русь и русские княжества XII—XIII вв. М., 1982. С. 519.
104 Ценяк П. С. К вопросу о ремесленных объединениях древней Руси XI—XIII вв // Земли южной Руси в IX—XIV вв. Киев, 1985. С. 130.
105 Белоруссия в эпоху феодализма. Минск, 1959. Т. 1. С. 46.
106 Рыбаков Б. А. Ремесло древней Руси. С. 490.
107 Бгажба О. Х. По следам кузнеца Айнара. Сухуми, 1982. С. 56.

Список сокращений

АИНТ — Архив истории науки и техники
АО — Археологические открытия, сборник
ВИ — Вопросы истории, журнал
ВМУ — Вестник Московского университета, История
КСИА — Краткие сообщения Института археологии Академии наук СССР
МИА — Материалы и исследования по археологии СССР
СА — Советская археология, журнал
САИ — Свод археологических источников
AAC — Acta archaeologica Carpathica, Kraków
AAL — Acta archaeologica Lodziensia, Łódź
AP — Archeologia Polski, Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk
AR — Archeologické rozhledy, Praha
AUE — Arheologija un etnografija, Riga
KHKM — Kwartalnik historii kultury materialnej, Warszawa
KHNT — Kwartalnik historii nauki i techniki, Warszawa
LTSR MADA — Lietuvos TSR Mokslų Akademijos darbai, A serija, Vilnius
MA — Materiały archeologiczne, Kraków
PA — Památky archeologické, Praha
SA — Slovenská archeológia, Bratislava
Sil. Ant. — Silesia antiqua, Wrocław—Warszawa—Kraków
Spraw. Arch. — Sprawozdania archeologiczne, Warszawa—Wrocław—Kraków
WA — Wiadomości archeologiczne, Warszawa
ZOW — Z otchłani wieków, Wrocław—Poznań

Краткий терминологический словарь

Аустенит (по имени английского металлурга У. Робертса-Остена) — фаза железоуглеродистых сплавов, твердый раствор углерода (до 2%) и легирующих элементов в гамма-железе. В углеродистых сталях и чугунах аустенит устойчив выше температуры 727 °С.

Булат (от персидского «пулад» — сталь) — углеродистая литая сталь, которая благодаря особому способу изготовления отличается своеобразной структурой и узорчатым видом поверхности, высокой твердостью и упругостью. В древности, в средние века и позднее служила для изготовления холодного оружия (мечей, кинжалов, сабель) высокой стойкости и остроты.

Бура (от арабского «бурак» — селитра) — бесцветные кристаллы соли тетраборной кислоты. В природе встречается в виде минерала тинкала. Применяется при сварке и пайке для очистки металлических поверхностей.

Видманштеттова структура (по имени австрийского ученого А. Видманштеттена) — разновидность металлографической структуры сплавов, отличающихся геометрически правильным расположением элементов структуры в виде пластин или игл внутри кристаллических зерен, составляющих сплав. Впервые обнаружена в начале XIX в. при изучении железоникелевых метеоритов.

Восстановительный процесс в металлургии — физико-химический процесс получения металлов из их окислов отнятием и связыванием кислорода. В доменных печах железо восстанавливается из руд главным образом углеродом или его окисью.

Вуда сплав — легкоплавкий сплав на основе висмута (50%) с добавлением свинца (25%), олова (12,5%) и кадмия (12,5%). Температура плавления 68 °С. Используется для изготовления противопожарных устройств, моделей, заливки металлографических шлифов.

Горн — очаг для нагрева металла перед ковкой, снабженный воздуходувными мехами.

Горновая пайка — процесс соединения металлов в твердом состоянии путем введения в зазор расплавленного припоя.

Горячая деформация — обработка металлов давлением (ковка, прокатка и т. п.) после нагрева заготовки до температуры, при которой процессы возврата протекают одновременно с самим деформированием.

Дислокация — линейное несовершенство кристаллической решетки, которое в двух измерениях имеет размеры порядка атомных, а в третьем — большой размер (может тянуться через весь кристалл). Пластическая деформация металлов осуществляется главным образом в результате движения дислокаций.

Диффузия — распространение вещества в какой-либо среде в направлении убывания его концентрации, обусловленное тепловым движением ионов, атомов, молекул, а также крупных частиц.

Закалка — вид термической обработки материалов (нагрев, а затем быстрое охлаждение), после которого материал находится в так называемом неравновесном структурном состоянии. Закалка стали, например, приводит к получению в ее структуре мартенсита, характеризующегося высокой твердостью.

Зерно кристаллическое — мелкие кристаллы, не имеющие ясно выраженной многогранной кристаллографически правильной формы.

Ингредиент — составная часть какого-либо сложного соединения или смеси.

Инкрустация — вид декорировки изделий и зданий узорами и изображениями из кусочков мрамора, керамики, металла, дерева и т. п., которые врезаны в поверхность и отличаются от нее по цвету или материалу. Инкрустацию деревом по дереву называют интарсией, металлом по металлу — насечкой.

Ковка — один из способов обработки металлов давлением, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на нагретую заготовку, в результате чего она, деформируясь, постепенно приобретает заданную форму и размеры. Различают ковку в штампах и без них, так называемую свободную ковку.

Конкреция — небольшие комки восстановленного из руды железа, выявляемые в кусках шлака.

Крица — твердая губчатая масса железа со шлаковыми включениями, порами и полостями. Крица может быть получена или непосредственно из руды путем восстановления металла при температуре 1250—1350 °С, или из чугуна в результате его рафинирования.

Ледебурит (по имени немецкого металлурга А. Ледебура) — одна из основных структурных составляющих железоуглеродистых сплавов, главным образом чугунов. Представляет собой эвтектическую смесь аустенита и цементита, образующихся ниже 1145 °С. В сталях ледебурит образуется лишь при высоком содержании легирующих элементов и углерода (0,7—1%); такие стали относятся к так называемому ледебуритному классу.

Ликвация — неоднородность химического состава сплавов, возникающая при их кристаллизации (затвердевании). Различают дендритную ликвацию, которая проявляется в микрообъемах сплава, близких к размеру зерен, и зональную, наблюдаемую во всем объеме слитка.

Макроструктура — строение металлов и сплавов, видимое невооруженным глазом или при небольших увеличениях (менее 30 раз) на предварительно отшлифованной и протравленной реактивами поверхности образца.

Мартенсит (по имени немецкого металловеда А. Мартенса) — микроструктура игольчатого вида, наблюдаемая в некоторых закаленных металлических сплавах и чистых металлах, которым свойственны полиморфные превращения. Основная структурная составляющая закаленной стали, обеспечивающая ее высокую твердость, износостойкость. Представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в альфа-железе.

Межкристаллитная коррозия — коррозия, развивающаяся по границам зерен металла (сплава). Приводит к нарушению связи между зернами и разрушению металла на большую глубину без явных наружных следов.

Меха — аппарат для нагнетания воздуха, применяемый для раздувания огня в горне.

Микроструктура металла — строение металлов и сплавов, видимое при больших увеличениях на микроскопе. Характер микроструктуры (размеры, форма и взаимное расположение кристаллов) оказывает большое влияние на свойства металлов и сплавов.

Нитриды — химические соединения азота с металлами и некоторыми неметаллами. Максимальная растворимость азота в феррите равна приблизительно 0,1%.

Окалина — слой окислов, образующийся на поверхности железа, стали и некоторых других сплавов при нагреве на воздухе или в других средах, содержащих кислород.

Отжиг — вид термической обработки, заключающийся в нагреве металла или сплава до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении для получения структур, близких к равновесному состоянию. Отжиг металлов производят для улучшения обрабатываемости, повышения пластичности, уменьшения остаточных напряжений и других целей.

Отпуск металлов — вид термической обработки сплавов, осуществляемый после закалки и представляющий собой нагрев до некоторой температуры с последующим охлаждением (как правило, на воздухе или в воде). Термин «отпуск» применим главным образом к термообработке стали. Различают низкий (120—250 °С), средний (300—400 °С) и высокий (450—650 °С) отпуск. Выбор режима отпуска определяется требуемым соотношением прочности и пластичности стали.

Перлит — структурная составляющая стали, смесь феррита и цементита. Образуется в стали в процессе распада аустенита (при охлаждении) или мартенсита (при нагреве).

Пережог — неисправимый дефект металлических изделий, образующийся при высоком нагреве (близком к температуре плавления) в окислительной среде. Характеризуется появлением на границах зерен окисных пленок или включений, сильно снижающих прочность и пластичность металла.

Плавка — процесс переработки материалов (главным образом металлов) в плавильных печах с получением конечного продукта в жидком виде.

Припой — присадочный металл или сплав, применяемый при пайке для заполнения зазора между соединяемыми поверхностями с целью получения монолитного паяного шва. Различают мягкие припои с температурой плавления до 400 °С — сплавы на основе свинца, олова, кадмия, висмута — и твердые с температурой плавления выше

550 °С, отличающиеся высокой прочностью,— сплавы на основе главным образом меди, серебра, никеля, цинка.

Руда — минералогические образования с таким содержанием и такими формами нахождения (крупность, характер соединений и др.) металлов или полезных минералов, которые обеспечивают технологическую возможность и экономическую целесообразность их извлечения. Скопление руды называется рудным телом. Сближенные и генетически связанные рудные тела образуют рудное месторождение. Различают руды металлические (железные, медные и т. д.) и неметаллические.

Рентгеноспектральный анализ — метод определения в исследуемом веществе очень малых содержаний (тысячные доли процента) большинства химических элементов. Основан на использовании зависимости частот излучения линий рентгеновского спектра элементов от их атомного номера и связи между интенсивностью этих линий и числом атомов, принимающих участие в их образовании.

Сварка — процесс получения неразъемного соединения конструкций посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или при совместном действии того и другого. Сваркой соединяют детали из металлов, керамических материалов, стекла и др.

Сорбит (по имени английского ученого Г. К. Сорби) — структурная составляющая стали, представляющая собой смесь феррита и цементита, образующаяся из аустенита в результате диффузионного превращения при охлаждении. Отличается от перлита более тонкой (дисперсной) структурой, что обеспечивает более высокую прочность стали.

Спекание — соединение мелкозернистых и порошкообразных материалов в куски при повышенных температурах.

Спектральный анализ — физический метод качественного и количественного анализа веществ, основанный на изучении их спектров — испускания (эмиссионный), поглощения (абсорбционный), комбинационного рассеяния света, люминесценции, рентгеновский. Метод отличается высокой чувствительностью, применяется в астрофизике, металлургии и т. д.

Сталь — железоуглеродистый сплав, содержащий менее 2% углерода с возможными добавками других элементов. Дамасская сталь — имитация булата, полученная путем сварки железных и стальных полос, проволок, лент, а также специальной обработки для достижения узорчатых поверхностей изделий. Сырцовая сталь — ковкая углеродистая сталь, отличающаяся от сварочного железа тем, что ее можно упрочнять закалкой.

Структура металла — собирательное название характеристик макроструктуры, микроструктуры, субструктуры и строения кристаллической решетки. Основные методы изучения структуры металлов — световая, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, а также изучение изломов, макрошлифов невооруженным глазом и с помощью лупы.

Травление — химическая обработка твердых материалов растворами кислот (азотной, соляной, серной и др.) для изменения вида их поверхности или удаления примесей (например, при выяснении структуры). Металлические и минералогические шлифы подвергаются перед макроскопическим исследованием травлению такими реактивами, которые или неодинаково разъедают, или различно окрашивают структурные составляющие.

Троостит (по имени французского химика Л.-Ж. Труста) — структурная составляющая стали, представляющая собой дисперсную смесь феррита и цементита. Отличается от перлита и сорбита более мелким строением. Образуется при распаде аустенита в температурном интервале 500—400 °С (троостит закалки) или при отпуске закаленной стали при 350—400 °С (троостит отпуска). Стали со структурой троостита обладают повышенной твердостью и прочностью, умеренными пластичностью и вязкостью.

Фаза — форма состояния вещества, характеризуемая одинаковыми свойствами в макрообъеме.

Феррит — фаза железоуглеродистых сплавов, твердый раствор углерода (до 0,02%) в альфа-железе. Имеет кубическую объемно-центрированную решетку. В феррите могут быть растворены кремний, фосфор, марганец и другие элементы. Феррит мягок и пластичен; наиболее часто встречается в древних и средневековых кузнечных изделиях.

Флюс — вещество, добавляемое к руде или металлической шихте для снижения температуры плавления и образования шлаков, а также для удаления окалины и предохранения металла от пережога при кузнечной сварке.

Хрупкость — способность твердых тел разрушаться при механических воздействиях без заметной пластической деформации.

Цвета каления (побежалости) — радужная окраска, возникающая на чистой поверхности нагретой стали в результате появления на ней тонкого слоя окислов.

Цементация — процесс химико-термической обработки, применяемый с целью науглероживания железа и стали; осуществляется диффузионным насыщением поверхностных слоев углеродом при температурах 900—950 °C.

Цементит, карбид железа — фаза железоуглеродистых сплавов, химическое соединение железа и углерода, содержащее 6,67% углерода; хрупок, имеет высокую твердость.

Чугун — сплав железа с углеродом (более 2%, обычно 3—4,5%), некоторым количеством марганца, кремния, серы, фосфора и других элементов. Углерод в чугунах может находиться в связанном состоянии в виде карбида железа Fe_3C (белый чугун) или в свободном состоянии в виде графита (серый чугун).

Шихта — смесь материалов (руда, металл, уголь, флюс и др.), в определенных пропорциях загружаемых в металлургический агрегат для плавки.

Шлак — отходы металлургического производства, обязательный компонент при восстановлении железа, выплавке чугуна и стали. Представляет собой расплав окисидов, сульфидов и других соединений. В твердом состоянии стекловидная или каменистая застывшая масса.

Шлаковые включения — макро- и микрочастицы шлака, попадающие в железо и сталь в процессе крицеобразования при древней и средневековой металлургии железа, а также при современном производстве черных металлов. Один из многих видов неметаллических включений, главным образом окислы, силикаты и др.

Содержание

Михаил Федорович Гурин

КУЗНЕЧНОЕ РЕМЕСЛО ПОЛОЦКОЙ ЗЕМЛИ IX—XIII вв.

Заведующий редакцией *А. И. Валаханович*
Редактор *Л. Н. Соловьева*
Художник *А. А. Шуплецов*
Художественный редактор *Л. И. Усачев*
Технический редактор *Т. В. Летьен*
Корректор *Т. А. Жарко*

ИБ № 3093

Печатается по постановлению РИСО АН БССР. Сдано в набор 21.01.87. Подписано в печать 29.06.87. АТ 14859. Формат 70×100¹/₁₆. Бум. тип. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 12,25+2,58 вкл. Усл. кр.-отт. 16,65. Уч.-изд. л. 13,97. Тираж 1000 экз. Зак. № 182. Цена 2 р. 50 к.

Издательство «Наука и техника» Академии наук БССР и Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220600. Минск, Ленинский проспект, 68. Типография им. Франциска Скорины издательства «Наука и техника». 220600. Минск, Ленинский проспект, 68.